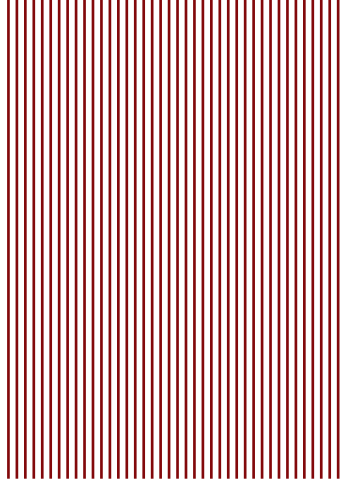




REVISTA

CML

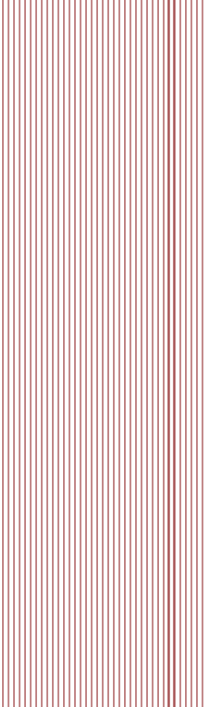
CRIMINALÍSTICA E
MEDICINA LEGAL

| V. 10 | N.1 | BELO HORIZONTE

2025

REVISTA

CML



REVISTA

CML

CRIMINALÍSTICA E
MEDICINA LEGAL

| V. 10 | N.1 | BELO HORIZONTE

2025

©2025 by Associação de Criminalística do Estado de Minas Gerais – ACEMG

©2025 by Valor Editora

Belo Horizonte | 2025



Publicação da Associação de Criminalística do Estado de Minas Gerais – ACEMG

www.acemg.org.br

EDITOR-CHEFE

Pablo Alves Marinho

EDITORES ASSOCIADOS

Adelino Pinheiro Silva

Guilherme Ribeiro Valle

João Henrique Roscoe Diniz Maciel

Leonardo Santos Bordoni

Luciene Menrique Corradi

Pablo Alves Marinho

Michelle Moreira Machado

Sordaini Maria Caligiorno

Washington Xavier de Paula

EDITORIA DE ARTE, PROJETO GRÁFICO | Valor Editora | Helô Costa

DIAGRAMAÇÃO | Valor Editora | Esther Figueiredo

www.revistacml.com.br

revistacml@gmail.com

REDE SOCIAL

Instagram | @revistacml

Responsáveis | Michelle Moreira Machado e Pablo Alves Marinho

Revista Criminalística e Medicina Legal – Belo Horizonte:

Valor Editora, 2025.

V. 10, n.1

Anual

ISSN 2526-0596 (impresso)

ISSN 2526-2785 (online)

1. Direito Penal. 2. Criminalística. 3. Medicina Legal

I. Valor Editora. II. Título

CDU 343.9

Patrocinador

Orbitae
Diagnóstico humano e forense

Realização

valor
EDITORA
www.valoreditora.com.br

EDITOR CHEFE



Pablo

Alves Marinho

Perito Criminal do
Instituto de Criminalística
de Minas Gerais
Farmacêutico e Mestre
em Ciências Farmacêuticas

CV: <http://lattes.cnpq.br/1051658516088695>

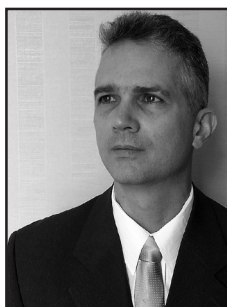
EDITORES ASSOCIADOS



Adelino Pinheiro Silva

Perito Criminal do Instituto de
Criminalística de Minas Gerais
Engenheiro Eletricista e Doutor
em Engenharia Elétrica

CV: <http://lattes.cnpq.br/8373538496107754>



Guilherme

Ribeiro Valle

Perito Criminal do
Instituto de Criminalística
de Minas Gerais
Médico Veterinário e
Doutor em Ciência Animal

CV: <http://lattes.cnpq.br/3704564700682053>



João Henrique

Roscoe Diniz Maciel

Perito Criminal do Instituto
de Criminalística
de Minas Gerais
Engenheiro Eletricista

CV: <http://lattes.cnpq.br/6991390486371691>



Luciene

Menrique Corradi

Perita Criminal do
Instituto Médico Legal
de Minas Gerais
Odontologista e
Mestre em Odontologia

CV: <http://lattes.cnpq.br/0627357569035365>



Michelle Moreira

Machado

Perita Criminal do Instituto
de Criminalística
de Minas Gerais
Veterinária e Mestre
em Medicina Veterinária

CV: <http://lattes.cnpq.br/5927277925287455>



Sordaini

Maria Caligiorne

Perito Criminal do
Instituto de Criminalística
de Minas Gerais
Bióloga e Doutora em
Fisiologia Humana

CV: <http://lattes.cnpq.br/8439562132540938>



Washington

Xavier de Paula

Perito Criminal do
Instituto de Criminalística
de Minas Gerais
Engenheiro Químico e
Doutor em Química

CV: <http://lattes.cnpq.br/7959181697121752>



Leonardo

Santos Bordoni

Médico-Legista do
Instituto Médico Legal
de Minas Gerais
Médico e Mestre em
Biologia Celular

<http://lattes.cnpq.br/1111795805977184>

EDITORIAL

PERÍCIA E INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL: UMA PARCERIA DE FUTURO

A trajetória da Inteligência Artificial (IA) está intrinsecamente relacionada ao desenvolvimento da computação moderna. O termo foi empregado pela primeira vez na Conferência de Dartmouth em 1956. Em quase sete décadas, a IA passou por dois ciclos de verões e invernos, sendo estes últimos períodos marcados por desilusão decorrente de expectativas não correspondidas.

Desde o final da década de 1990, consolidou-se um prolongado “terceiro verão” da IA. Nos últimos anos, o ritmo de inovações tem sido incrivelmente intenso, alcançando diferentes campos do conhecimento. Entre eles, destacam-se as áreas da Criminalística e Medicina Legal, que têm se beneficiado desse movimento. A incorporação da Inteligência Artificial na perícia criminal vem transformando os processos e as atividades técnico-científicas voltadas às investigações.

No âmbito administrativo dos institutos de criminalística e medicina legal (a chamada *área meio*), a IA tem se mostrado um recurso valioso para otimizar recursos, gerenciar casos e agilizar fluxos de trabalho. Entre as principais aplicações, podem ser citadas:

- **Automação de Tarefas Administrativas:** *Chatbots* e assistentes virtuais podem agilizar tarefas burocráticas em órgãos periciais, respondendo a consultas sobre procedimentos ou auxiliando na elaboração de relatórios e documentos.
- **Priorização de Casos e Evidências:** a IA pode atuar na triagem inicial de casos, classificando-os automaticamente por critérios de complexidade e prioridade. Para isso, considera dados históricos referentes a tipos de crime e características das evidências.
- **Alocação de Recursos e Gestão de Laboratórios:** ferramentas de aprendizado de máquina permitem prever a carga de trabalho dos peritos a partir de dados passados. Modelos preditivos, por sua vez, estimam a duração das análises periciais conforme suas características, auxiliando gestores a planejar melhor a distribuição de tarefas, a previsão de prazos e o uso de pessoal e equipamentos.
- **Integração de Informações e Inteligência de Investigações:** técnicas de IA possibilitam a análise de exames e a extração de dados estruturados para análise inteligente e correlação entre casos. Esses dados, também chamados de entidades, permitem correlacionar exames inicialmente desconexos ou identificar padrões que não são evidentes à primeira vista.

Na área fim da perícia (análise técnica de vestígios e esclarecimento de crimes), a IA também vem desempenhando um papel cada vez mais expressivo. Destacam-se aplicações gerais já em uso ou em estágio avançado de desenvolvimento que têm ampliado a capacidade dos peritos em diversas disciplinas forenses, como:

- **Análise Digital e Informática Forense:** diante do volume massivo de dados em investigações contemporâneas, a IA tornou-se uma aliada essencial dos peritos em computação forense. Algoritmos inteligentes são capazes de examinar grandes volumes de e-mails, imagens, vídeos, conversas e registros telefônicos em busca de evidências relevantes, automatizando parte do trabalho que seria inviável manualmente. Além disso, contribuem para reduzir a exposição de peritos a tarefas psicologicamente desgastantes, tais como análise de imagens de exploração sexual infantil.
- **Identificação Biométrica (FACES e Impressões Digitais):** a identificação de suspeitos ou vítimas por meio de características biométricas também tem sido profundamente acelerada pela IA. Redes neurais treinadas com grandes volumes de imagens alimentam sistemas automatizados de reconhecimento facial os quais permitem comparar rostos detectados em CCTV ou redes sociais contra bancos de dados criminais em tempo real.
- **DNA e Genética Forense:** a genética forense também vem se beneficiando do poder da IA para acelerar análises e extrair informações complexas. Já existem aplicações práticas da tecnologia em casos complexos como a interpretação de misturas de DNA ou investigações de parentesco.
- **Balística Forense e Identificação de Armas:** métodos convencionais exigem comparação visual minuciosa de estrias e marcas deixadas em estojos e projéteis, um processo lento e sujeito a interpretações subjetivas. Algoritmos de visão computacional treinados em grandes bases de imagens balísticas são capazes de reconhecer padrões complexos e sutis nas marcas de disparo, muitas vezes imperceptíveis ao olho humano, elevando a precisão das identificações.
- **Medicina Legal:** a IA também vem promovendo inovações significativas na Medicina Legal, especialmente no campo da determinação de causas de morte. Uma das frentes consiste na análise automatizada de exames de imagem *post-mortem*,

por meio da qual tecnologias de visão computacional conseguem percorrer tomografias, radiografias ou imagens de autópsia em busca de lesões internas, fraturas ou sinais patológicos sutis. Outra aplicação avançada refere-se à determinação de causa da morte (*cause of death* - CAD): modelos de IA têm sido treinados para reconhecer padrões específicos associados a diferentes *causas mortis*.

Em síntese, a transformação digital da perícia criminal representa um processo irreversível. Quando devidamente implementadas, as ferramentas de IA proporcionam ganhos expressivos, permitindo que peritos e legistas concentrem seus esforços naquilo que é essencial: a interpretação científica e a busca pela verdade. A adoção criteriosa dessas tecnologias resultará em investigações mais céleres e precisas, fortalecendo a justiça criminal. Não obstante os desafios existentes, como a necessidade de grandes bases de dados, elevado poder computacional e conhecimento especializado para o treinamento de modelos, o futuro indica uma integração cada vez mais estreita entre IA e ciências forenses.

ARNALDO GOMES DOS SANTOS JUNIOR

Perito Criminal Federal

Unidade de Gestão Estratégica da Superintendência Regional da Polícia Federal

Belo Horizonte, Minas Gerais



PARA SER UM CAMPEÃO É PRECISO SER O MELHOR



IDenta
Touch&Know

Tecnologia Israelense

CONHEÇA O TESTE Nº 1 DO MERCADO

KIT PARA DETECÇÃO
DE DROGAS IN NATURA
EM CAMPO E DETECÇÃO
DE EXPLOSIVOS

- Coleta fácil, segura e sem sujeira
- Ampla seleção de testes
- Alta precisão com resultados imediatos

Orbitae
Diagnóstico humano e forense

sac@orbitae.com.br
www.orbitae.com.br

SAC Serviço de
Atendimento ao Cliente
0800 941 0188

SUMÁRIO

ORIGINAL

ENTOMOLOGIA FORENSE: FORMIGAS (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) EM CARÇA SUÍNA NO MUNICÍPIO DE NOVA PRATA - RS
Beatriz Pasqualli Minozzo, Wilson Sampaio de Azevedo Filho, Aline Nondillo 12 a 19

RELATO DE CASO

RADIOLOGIA FORENSE E O PROCESSO DE IDENTIFICAÇÃO DE CORPOS EM CASOS DE CATÁSTROFES DE MASSA
Leanderson Luiz de Sá, Wendell da Luz Silva, Guilherme Cavalcante de Albuquerque Souza, Tauer Jordani Gusmão do Couto 21 a 28

REVISÃO

VETVIRTÓPSIA: CONCEITOS E ABORDAGEM CIENTÍFICA
Wendell da Luz Silva, Tália Missen Tremori, Jackson Barros do Amaral, Leanderson Luiz de Sá, Henrique Marcelo Guerin Reis, Guilherme Cavalcante de Albuquerque Souza, Richard Siqueira Dias 30 a 37

INTERFERENTES NA ANÁLISE QUÍMICA DE RESÍDUOS PÓS-EXPLOSÃO
Lúcio Paulo Lima 38 a 45

ANÁLISE DE PERFIS DE MANCHAS DE SANGUE: COMO FUNCIONA, PARA QUE SERVE E POR QUE DEVEMOS SABER MAIS A RESPEITO
Antonio Augusto Canelas Neto 46 a 52

IMAGEM

RISCOS E LIMITAÇÕES DA ESPECTROSCOPIA RAMAN NA ANÁLISE DE EXPLOSIVOS
Lúcio Paulo Lima Logrado, Bruna Miguel Ferreira da Silva 54

DENTES RÓSEOS POST MORTEM EM CADÁVER SAPONIFICADO, VÍTIMA DE TRAUMATISMO CRANIANO POR DISPARO DE ARMA DE FOGO
Lincoln Moraes da Fonseca, Victor Wilson Botteon, Mário César Correa Júnior, Vinícius Bastos 55 a 56

RESENHA DE LIVRO

FORENSIC ENTOMOLOGY AND ITS LEGAL IMPLICATIONS
Sebastião Lacerda de Lima Filho, Marcos Tadeu Ellery Frota, Manoel Odorico de Moraes Filho 58 a 59

NORMAS PARA PUBLICAÇÃO 52 a 55

ORIGINAL

ENTOMOLOGIA FORENSE: FORMIGAS (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) EM CARÇA SUÍNA NO MUNICÍPIO DE NOVA PRATA - RS

Beatriz Pasquali Minozzo*

Universidade de Caxias do Sul, Museu de Ciências Naturais, Caxias do Sul, RS, Brasil

Wilson Sampaio de Azevedo Filho

Universidade de Caxias do Sul, Museu de Ciências Naturais, Caxias do Sul, RS, Brasil

Aline Nondillo

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Bento Gonçalves, RS, Brasil

FORENSIC ENTOMOLOGY: ANTS (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) IN SWINE CARCASS IN THE MUNICIPALITY OF NOVA PRATA - RS

RESUMO

A Entomologia Forense, uma das áreas que pode integrar as investigações criminais, busca relacionar os insetos e outros artrópodes com processos legais. O estudo dos insetos pode auxiliar os legistas e peritos na obtenção de provas, vestígios e informações. O grupo Formicidae, pertencente à ordem Hymenoptera, pode estar presente durante todos os estágios de decomposição de cadáveres fazendo com que seu estudo seja de grande valia e interesse forense. O presente estudo teve como objetivo a identificação e quantificação das espécies de formigas ocorrentes em carcaça suína no município de Nova Prata - Rio Grande do Sul/Brasil. O estudo foi conduzido em uma propriedade particular, localizada no município de Nova Prata, durante o período de dezembro de 2022 a janeiro de 2023. A área onde foi conduzido o estudo é caracterizada como secundária, estacional decidual e com interferência antrópica. A espécie animal utilizada no experimento foi uma carcaça de porco doméstico (*Sus scrofa domesticus* Linnaeus, 1758) pesando 10 quilogramas e com idade de, aproximadamente, 90 dias de vida. A carcaça foi disposta em decúbito lateral sob uma caixa de malha metálica com objetivo de evitar a interferência de carnívoros. Em torno da caixa foram preparadas dez armadilhas de solo - *pitfall* - devidamente identificadas. Para as análises foram consideradas quatro fases de decomposição: fase fresca (I) 1-3º dia, com 418 espécimes coletados; fase gasosa (II) 4-6º dia, com 275 espécimes coletados; fase coliquativa (III) 7-15º dia, caracterizado pelo pico de atividade de 509 formigas; fase de esqueletização (IV) 16-21º dia, quando foram coletados 491 espécimes. Os táxons mais abundantes foram *Pheidole* sp. (473 espécimes), *Labidus* sp. (267 espécimes), *Wasmannia auropunctata* (Roger, 1863) (237 espécimes), *Acromyrmex* sp. (185 espécimes) e *Oligomyrmex* sp. (169 espécimes).

PALAVRAS-CHAVE: Entomologia Forense. Formigas. *Sus scrofa domesticus*.

ABSTRACT

Forensic Entomology, one of the areas that can be part of criminal investigations, seeks to relate insects and other arthropods to legal processes. The study of insects can help coroners and experts in obtaining evidences, traces and pieces of informations. The Formicidae group, belonging to the order Hymenoptera, can be present during all stages of corpse decomposition, making its study of great value and forensic interest. The present study aimed to identify and quantify the species of ants occurring in swine carcasses in the municipality of Nova Prata - Rio Grande do Sul/Brazil. The study was conducted on a private property, located in the municipality of Nova Prata, during the period from December 2022 to January 2023. The area where the study was conducted is characterized as secondary, seasonally deciduous and with anthropic interference. The animal species used in the experiment was a domestic pig carcass (*Sus scrofa domesticus* Linnaeus, 1758) weighing 10 kg and approximately 90 days old. The carcass was placed in lateral decubitus under a metal mesh box in order to avoid interference from carnivores. Around the box, ten ground traps - *pitfall* - duly identified, were prepared. For the analysis, four stages of decomposition were considered: fresh stage (I) 1-3rd day with 418 specimens collected; gaseous stage (II) 4-6th day with

*bpminozzo@ucs.br

275 specimens collected; coliquative stage (III) 7-15th day, characterized by peak activity of 509 ants; skeletonization stage (IV) 16-21st day when 491 specimens were collected. The most abundant taxa were *Pheidole* sp. (473 specimens), *Labidus* sp. (267 specimens), *Wasmannia auropunctata* (Roger, 1863) (237 specimens), *Acromyrmex* sp. (185 specimens) and *Oligomyrmex* sp. (169 specimens).

KEYWORDS: Forensic Entomology. Ants. *Sus scrofa domesticus*.

INTRODUÇÃO

Segundo Foltran e Shibata¹, o exame pericial é constituído por uma vasta variedade de evidências que demandam profusa sistemática e técnicas de áreas diversas, empregando informações de distintas ciências para que seja elaborado um diagnóstico correto de um provável vestígio.

A Entomologia Forense é uma ciência, dentre diversas outras, que pode auxiliar nas investigações criminais. Por meio da identificação de espécies de insetos e outros artrópodes presentes no corpo ou ambiente, a Entomologia Forense pode cooperar com a resolução de casos, desde homicídios e tráfico de entorpecentes até a identificação do local do delito e estimação do tempo da ocorrência²⁻⁵. Pode, também, facilitar a delimitação do intervalo *post-mortem* (IPM), bem como a origem e trajetória do corpo, baseando-se nas espécies encontradas, ciclo de vida - graus de desenvolvimento dos estágios imaturos - e hábitos, contribuindo, significativamente, com o meio jurídico^{2,6-8}.

A Entomologia Forense configura-se em um âmbito de pesquisa que vem, nas últimas décadas, conquistando e instigando interesse de peritos e pessoas ligadas a instituições judiciais em razão da associação inerente entre a fauna de insetos necrófagos e o cadáver em diversos casos de morte^{2,3,9}.

A Entomologia Forense pode ser dividida em três classes: urbana, de produtos estocados e médico-legal¹⁰. Deste modo, os estudos em Entomologia podem ser empregados em averiguação de danos em bens imóveis; contaminação de materiais e produtos estocados; ocorrência de morte violenta, tráfico de entorpecentes, maus tratos e outros casos que se apresentam no âmbito jurídico^{3,11}.

Hall⁶ ratificou que além da aferição do intervalo pós-morte (IPM), os insetos ou fragmentos/segmentos de seus corpos, bem como o conhecimento de sua disposição geográfica, são capazes de determinar o local da morte. O escritor descreveu, ainda, que o deslocamento do corpo pode suceder na transposição da fauna obtida no mesmo local. Por conseguinte, a incompatibilidade entre o conjunto de espécies existentes no instante da análise forense e o conjunto das espécies estabelecidas na região geográfica onde o corpo foi encontrado, pode propiciar indicadores de que a vítima foi movida de um local a outro. De acordo com Leclercq e Verstraeten¹² e Arnaldos et al.¹³, é possível, também, indicar a presença de maus tratos, incluindo, ainda, a identificação da presença de substâncias no cadáver (medicamentos, dro-

gas, venenos e outras) levando-se em conta as larvas e pupas de determinados insetos.

Os insetos (formigas, besouros, moscas e outros), aranhas e centopeias são alguns exemplos de artrópodes muito diversificados e que possuem vasta distribuição geográfica. São invertebrados que desenvolvem notável atuação ecológica, podendo atuar como predadores, entre outras funções¹¹. Além disso, os insetos denotam-se como os mais relevantes invertebrados que ocupam corpos de vertebrados em putrefação^{9,11}.

As formigas podem estar presentes em cadáveres humanos encaminhados a análises forenses, com potencial de causar vestígios que podem ser confundidos com mutilações ou ferimentos, interferindo nas investigações^{14,15}. Esses insetos, quando ocorrem em carcaças, atuam como predadores de espécies visitantes (adultos ou imaturos), onívoros e necrófagos, e podem afetar de forma significativa o tempo de decomposição¹⁵. Dessa forma, as formigas podem acelerar ou retardar o processo de decomposição, influenciando de forma direta a entomofauna cadavérica e, consequentemente, uma possível estimativa do IPM, sendo, também, eventualmente capazes de causar modificações nas características do local e do cadáver, induzindo a erro de análise¹⁵⁻¹⁹.

Em estudos realizados no sudeste e norte do país, espécies de formigas foram registradas junto aos tecidos de cadáveres humanos (estágio fresco de decomposição) causando lesões na pele. Formigas incluídas nos gêneros *Crematogaster* e *Solenopsis* também foram identificadas causando lesões e artefatos em cadáver humano¹⁸. Também pode ocorrer a remoção da pele mais superficial semelhante a arranhões e, em alguns casos, podem eventualmente produzir lesões nos vasos superficiais causando algum sangramento pós-morte¹⁸.

Ainda que o grupo Hymenoptera apresente extensa distribuição nas Américas, sabe-se pouco a respeito de sua associação a cadáveres e sua competência no uso forense. A família Formicidae tem insigne incumbência quanto a interferência direta em cenas de crimes, transformando, substancialmente, as particularidades do ambiente e do cadáver, sendo capaz, outrossim, de postergar ou abreviar o curso de decomposição cadavérica. Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo identificar e quantificar as espécies de formigas (Hymenoptera: Formicidae) ocorrentes em carcaça suína no município de Nova Prata, Rio Grande do Sul - Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

O experimento foi conduzido em uma propriedade particular localizada na cidade de Nova Prata (Rio Grande do Sul - Brasil), altitude de 486 metros e sob as coordenadas 28° 45' 50" S, 51° 31' 21" W. A área, pertencente à Mata Atlântica, está localizada em uma mata fechada, com vegetação constituída por floresta estacional decidual em estágio secundário avançado de regeneração natural²⁰, com presença de herbáceas, como gramíneas nativas, arbustos e árvores da sucessão natural da mata.

A classificação climática de Köppen-Geiger²¹ classifica o local como CFA, ou seja, "C" - clima temperado (mesotérmico com temperatura de -3°C a 18°C no inverno, verão com temperatura superior a 10°C e estações do ano bem definidas), "F" - clima equatorial (úmido o ano inteiro) e "A" - verão quente. Existe pluviosidade significativa ao longo do ano, mesmo no mês mais seco. A temperatura média é de 17,5 C° com uma pluviosidade média anual de 1926 mm. O mês de dezembro apresenta a maior incidência de luminosidade e o mês de janeiro corresponde ao período mais quente do ano.

Caracterização da carcaça e delineamento experimental

No estudo foi utilizado, como modelo animal, uma carcaça de porco doméstico (*Sus scrofa domesticus* Linnaeus, 1758), pesando 10 quilogramas e com aproximadamente 90 dias de vida, fornecida por produtor rural do município de Nova Prata/RS (já abatido - exsanguinação). O modelo escolhido tem sido utilizado em estudos de artrópodes associados à sucessão entomológica ao longo de diferentes fases de decomposição^{2,5,11,15}. Posteriormente, a carcaça foi mantida sob refrigeração por aproximadamente oito horas. O modelo, protegido por plástico para evitar a ocorrência de insetos externos ao experimento, foi transportado ao local de estudo. A carcaça, duas horas depois, já em temperatura ambiente, foi disposta em decúbito lateral sob uma caixa de malha metálica (1,5cm²), com dimensões 100x70x60cm³, evitando a interferência de carnívoros, contudo permitindo o acesso da entomofauna. A escolha da carcaça animal como modelo para o delineamento experimental do projeto inicial e posterior condução do estudo foi realizada conforme as informações da Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade de Caxias do Sul (CEUA-UCS: Of. 06/2025).

Bicalho e colaboradores²² informaram que armadilhas de queda (tipo *pitfall*) são mais eficazes na amostragem de artrópodes terrestres quanto à abundância e frequência. Para tanto, em torno da caixa foram instaladas dez armadilhas de solo (*pitfall*), confeccionadas com copos plásticos de 300 ml contendo água e detergente utilizado para quebrar a tensão superficial da água fazendo com que o inseto afunde. Todas foram devidamente identificadas. Quanto à disposição das armadilhas, essas ficaram a

dez centímetros de distância da caixa e entre si.

Determinação das fases de decomposição

O processo de sucessão entomológica envolve a alteração sistemática da entomofauna associada à decomposição cadavérica no decorrer do tempo, onde cada grupo de inseto está relacionado a uma ou mais fases de decomposição⁴. Com relação ao modelo animal adotado (grupo zoológico - mamífero ou outros) e fatores como condições do ar, solo, entre outros, o número de fases de decomposição, conforme os objetivos da pesquisa a ser realizada, pode ser separado em até seis^{5,11,14,18}. Outras divisões utilizadas para medicina legal em países neotropicais compreendem cinco fases de decomposição²³⁻²⁴. Baltazar e colaboradores²⁴ utilizaram as fases: fresca; coloração (ou cromática); gasosa (inchamento ou enfisematosa); coliquativa (ou da fusão) e esqueletização. Já outros estudos consideraram quatro fases como: fresco, gasoso, deterioração e seco¹¹. Dessa forma, considerando o momento da instalação do experimento em campo, também foram adotados para o presente estudo de enfoque ecológico quatro fases de decomposição: fresca (I - 1 ao 3° dia), gasosa (II - 4° ao 6° dia), coliquativa (III - 7° ao 15° dia) e esqueletização (IV - 16° ao 21° dia).

Coleta e identificação dos espécimes

As verificações e trocas das armadilhas foram realizadas diariamente, entre os dias 17/12/2022 e 06/01/2023, no mesmo horário (18h00min - horário de Brasília), bem como a observação das fases de decomposição e registros fotográficos da carcaça e da entomofauna presente. A coleta dos espécimes capturados nas armadilhas de solo foi realizada primeiramente, sendo estes transferidos para potes identificados conforme o número da armadilha. Em seguida, removeu-se a caixa metálica e durante 15 minutos, com auxílio de pinças, foram capturados os insetos sobre a carcaça e ao seu redor - todos os espécimes coletados foram preservados em álcool 70%.

A identificação dos espécimes foi realizada com o auxílio de bibliografia especializada^{25,26}. A triagem dos insetos capturados e a identificação taxonômica foram realizadas no Laboratório de Entomologia da Universidade de Caxias do Sul. As formigas coletadas durante o estudo foram montadas em alfinetes entomológicos e incorporadas à Coleção Entomológica do Museu de Ciências Naturais da Universidade de Caxias do Sul - MUCS. Os espécimes obtidos nas coletas foram quantificados com o intuito de verificar a flutuação populacional das formigas no decurso das fases de decomposição da carcaça, correlacionando-os, também, com os dados meteorológicos do período de amostragem.

Dados abióticos

Os dados de temperatura e umidade relativa do ar indica-

dos dia a dia, por meio de um termo higrômetro, foram registrados (Tabela 1)²⁷. Os valores médios de temperatura e de umidade relativa do ar foram de 22,3°C e 68.9%, respectivamente. Em

relação à precipitação acumulada em 24h, apenas os dias 18/12, 19/12, 25/12 e 26/12 apresentaram dados, sendo 12,6mm, 6,4mm, 8,2mm e 4,8mm, nesta ordem²⁷.

Tabela 1 - Dados meteorológicos do período de exposição da carcaça suína (*Sus scrofa domesticus* Linnaeus, 1758) entre os dias 17 de dezembro de 2022 a 06 de janeiro de 2023.

D.E.	T.A. (C°)	T.min. (C°)	T.máx. (C°)	U.R. méd. (%)
17/12/2022	22	10,2	27,4	70
18/12/2022	22,8	15,8	23,8	80
19/12/2022	27	15,6	29,6	60
20/12/2022	21,8	21,6	28,2	68
21/12/2022	24,8	20,8	28,2	52
22/12/2022	23,8	20,2	28,6	62
23/12/2022	25,6	20	28,6	58
24/12/2022	27,4	18	28,4	48
25/12/2022	23,6	18,6	29	62
26/12/2022	26,6	14,4	29,2	72
27/12/2022	24	16	26	96
28/12/2022	21,2	11,8	29,2	64
29/12/2022	25,4	12	29,6	56
30/12/2022	25,6	14	28,8	52
31/12/2022	26,6	12,8	27,8	68
01/01/2023	28	16	28,4	64
02/01/2023	23,4	19,4	28	72
03/01/2023	27	17,6	28,6	84
04/01/2023	22,8	12	25	76
05/01/2023	24	19,4	26,8	74
06/01/2023	27,4	14	29,4	82

D.E. = dias de exposição; T.A. = temperatura ambiente no momento da observação; T. min = temperatura mínima do dia; T. máx = temperatura máxima do dia; U.R. méd = umidade relativa média do dia.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao todo foram coletados 1150 espécimes de formigas nas armadilhas de solo e 543 nas coletas ativas, totalizando 1693 espécimes pertencentes a 13 gêneros, duas espécies e 15 mor-

foespécies, junto à carcaça. Os táxons mais abundantes foram *Pheidole* sp. (473 espécimes), *Labidus* sp. (267 espécimes), *Wasmannia auropunctata* (Roger, 1863) (237 espécimes), *Acromyrmex* sp. (185 espécimes) e *Oligomyrmex* sp. (169 espécimes) (Tabela 2).

Tabela 2 - Espécimes de Formicidae coletados em carcaça suína (*Sus scrofa domesticus* Linnaeus, 1758) no município de Nova Prata, Rio Grande do Sul (Brasil), no período de 17 de dezembro de 2022 a 06 de janeiro de 2023.

Espécie/morfoespécie	NI	F
<i>Pheidole</i> sp.	473	28%
<i>Labidus</i> sp.	267	16%
<i>Wasmannia auropunctata</i> (Roger, 1863)	237	14%
<i>Acromyrmex</i> sp.	185	10%
<i>Oligomyrmex</i> sp.	169	10%
<i>Crematogaster</i> sp.	118	7%
<i>Paratrechina</i> sp. 1	100	6%
<i>Ectatomma</i> sp. 2	33	2%
<i>Ectatomma</i> sp. 1	31	2%
<i>Pachycondyla striata</i> (Smith, 1858)	18	1%
<i>Odontomachus</i> sp.	17	1%
<i>Pseudomyrmex</i> sp. 1	14	1%
<i>Camponotus</i> sp. 1	9	1%
<i>Paratrechina</i> sp. 2	8	0,47%
<i>Pseudomyrmex</i> sp. 2	8	0,47%
<i>Camponotus</i> sp. 2	4	0,23%
<i>Neivamyrmex</i> sp.	2	0,12%
	1693	100%

NI = número de indivíduos coletados e F = Frequência.

Para o estudo foram consideradas as quatro fases de decomposição informadas: fase fresca (I) que iniciou no 1º e estendeu-se até o 3º dia, com 418 espécimes coletados; fase gasosa (II) que durou do 4º ao 6º dia, no qual ocorreu significativa atividade de Formicidae (275 espécimes); fase coliquativa (III) que teve início no 7º e transcorreu até o 15º dia com a completa deflação da carcaça, forte odor e aumento do número de espé-

cimes, caracterizada pelo pico de atividade de formigas com 509 exemplares; e a fase de esqueletização (IV), caracterizada pela diminuição do odor, que ocorreu do 16º ao 21º dia. Nesta fase, os ossos já começavam a aparecer e a ocorrência de formigas aumentou de forma significativa, quando foram coletados 491 espécimes (Figura 1).

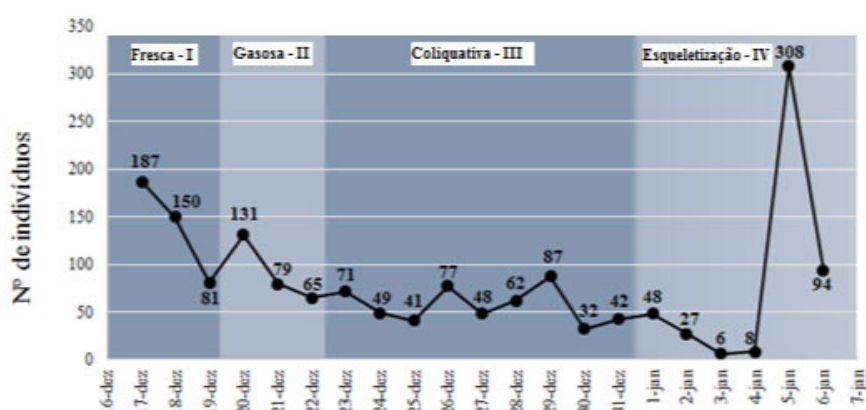


Figura 1 - Ocorrência de formigas em carcaça suína (*Sus scrofa domesticus* Linnaeus, 1758) no município de Nova Prata, Rio Grande do Sul (Brasil), no período de 17 de dezembro a 06 de janeiro de 2023.

Com as análises das coletas realizadas a partir das armadilhas de solo, foi verificado que dentre as 361 formigas coletadas na fase I, as morfoespécies com maior ocorrência foram *Pheidole* sp. com 180 espécimes, seguida de *Oligomyrmex* sp. com 77 espécimes. Na fase II, as morfoespécies mais abundantes registradas também foram *Pheidole* sp. e *Oligomyrmex* sp. com 77 e 39 espécimes, respectivamente. Na fase III, *Pheidole* sp. e *Oligomyrmex* sp. mantiveram-se como as morfoespécies de maior incidência (85 e 33 espécimes, nessa ordem). A fase IV foi marcada por um aumento significativo no número de espécimes e uma mudança em relação à morfoespécie com maior incidência, sendo coletados 370 espécimes, dos quais 265 eram da morfoespécie *Labidus* sp. (Figura 1).

A avaliação das coletas ativas indicou que na fase I, de um total de 57 espécimes, as morfoespécies com maior ocorrência foram *Pheidole* sp. com 30, seguida de *Paratrechina* sp.1. com seis espécimes. Na fase II, as morfoespécies mais abundantes registradas foram *Acromyrmex* sp. e *Pheidole* sp. com 44 e 15 espécimes, respectivamente. Na fase III, de um total de 295 espécimes, *Wasmannia auropunctata* (Roger, 1863) e *Crematogaster* sp. foram as de maior incidência (163 e 100 espécimes nessa ordem). A fase IV foi marcada pelos táxons *Acromyrmex* sp. e *W. auropunctata* com 53 e 46 espécimes, respectivamente (Figura 1).

Carvalho et al.²⁸ concluíram que diferentemente das ordens Diptera e Coleoptera que apresentaram, respectivamente, picos de abundância no início e no final da decomposição, nesse estudo as formigas foram registradas do início ao fim do processo. Já, Martinez et al.²⁹ descreveram que a ausência de um padrão constante na alteração de abundância entre fases pode ser explicada pelo hábito generalista das formigas.

Como citado anteriormente, os representantes de Formicidae foram coletados durante todo o período do experimento, com picos de ocorrência no 1º, 2º e 20º dias e maior número de espécimes na fase coliquativa (7º a 15º dia). Os dados obtidos neste experimento são semelhantes a outras pesquisas da área no Brasil conduzidas por Cruz e Vasconcelos³⁰ e Fonseca et al.¹⁹, o que reforça o papel das formigas como um importante grupo de interesse forense.

As informações obtidas por Maschio e colaboradores³¹ sobre a formicifauna encontrada em carcaça suína na cidade de Caxias do Sul (localidade de Ana Rech) - experimento realizado em área de vegetação constituída por floresta ombrófila mista em estágio secundário médio de regeneração natural no RS (entre os dias 12 e 28 de novembro de 2014) - também foram similares a este estudo, uma vez que o maior número de espécimes foi coletado na fase coliquativa (9º a 13º dia).

Os dados obtidos no experimento de Pinto et al.³², conduzido no Campus Universitário da Região dos Vinhedos da Universidade de Caxias do Sul, no município de Bento Gonçalves (Rio Grande do Sul), entre os dias 6 e 24 de março de 2017, diferem deste experimento, uma vez que o pico de espécimes,

no primeiro caso, ocorreu no período inicial entre o 1º e 3º dias. Neste caso, cabe salientar que a comunidade de formigas que coloniza a carcaça pode variar de acordo com as estações do ano, podendo estar relacionado também à dispersão e a percepção dos odores de forma diversificada em virtude da umidade relativa no ar^{19,33}.

Cabe ressaltar que as condições climáticas também devem ser consideradas e, como informado, durante o período do experimento a temperatura média manteve-se relativamente alta (média de 22,3 Cº), com pouca pluviosidade acumulada, umidade relativa média em torno de 68,9%. Portanto, as condições climáticas se mostraram em conformidade ao esperado para o local e período do ano. Este pode ser um dos fatores a influenciar a dispersão de odores e, consequentemente, a ocorrência dos táxons.

Espécimes incluídos no gênero *Pheidole*, coletados em maior número no decorrer do estudo e, primordialmente, na fase fresca - coletas com armadilha de solo - são citados em diferentes trabalhos em todas as regiões do país e indicados como causadores de lesões no tegumento da carcaça^{14,18,19,30,33}. Blanc-Celino¹⁸, encontrou *Pheidole* sp., em coletas no Rio de Janeiro e Amazonas, alimentando-se dos tecidos de um cadáver humano no estágio fresco de decomposição, causando lesões na pele. Da mesma forma, Souza et al.³⁴ observaram esse táxon em todos os estágios de decomposição e estações climáticas, causando pequenos danos no tegumento da carcaça animal.

Para Blanc-Celino¹⁸, as lesões em cadáveres humanos e carcaças animais foram descritas como serpentiformes, ou pontuadas, com coloração que variava do amarelo ao marrom escuro podendo ocorrer, também, a remoção da pele superficial semelhante a arranhões. Em outros casos, formaram-se amontoados de pele similares aos observados em cadáveres em estágio avançado de decomposição e, ainda, podem formar lesões químicas similares a lesões produzidas por ácido ou cigarro.

O gênero *Labidus* foi o segundo táxon mais representativo. O pico de coleta dos espécimes incluídos nesse gênero foi registrado na fase de esqueletização em armadilha de solo. As formigas deste grupo são descritas por Hölldobler e Wilson³⁵ como nômades e com um comportamento do tipo legionário, extremamente agressivas e invasoras de ninhos de cupins, abelhas, vespas e outras formigas. Nos estudos de Fonseca et al.¹⁹ somente dois espécimes foram coletados na bandeja. Porém, acredita-se que a passagem de um número maior destes insetos pela carcaça evidenciou-se, principalmente, pela sua presença intensa nas armadilhas dispostas ao redor da carcaça e devido ao fato de que estas formigas se movimentam em grupos compostos por numerosos espécimes.

A espécie *Wasmannia auropunctata* (Roger, 1863) foi a terceira mais frequente, sobretudo na coleta ativa da fase coliquativa. Porém, a espécie não foi representativa nas demais fases de decomposição com o registro de um baixo número de espécimes. Segundo Delabie³⁶, as comunidades de formigas são demasiadamente instáveis e sujeitadas, habitualmente, a uma

coerção de colonização dos habitats que ocupam e de alteração de seus integrantes por espécies oportunistas ou mais competitivas. Os espécimes de *W. auropunctata* costumam ocorrer na serapilheira, na base ou em fenda da casca de troncos, em madeira em decomposição e, ainda, entre pedras; o que pode ter contribuído em seu maior número nas coletas ativas³⁷.

O gênero *Acromyrmex* foi citado em dois trabalhos da região sul do país por Ries³⁸ e Moura et al.³⁹ e em um do nordeste por Moraes et al.⁴⁰. Nesse estudo, *Acromyrmex* sp. foi a quarta morfoespécie mais coletada, com seu pico nas armadilhas de solo registrado na fase fresca e na coleta ativa na fase de esqueletização. Por fim, a morfoespécie incluída no gênero *Oligomyrmex* foi a quinta mais coletada, tendo sua maior ocorrência na fase fresca em coletas nas armadilhas.

CONCLUSÃO

As formigas estão presentes em cadáveres humanos suscetíveis a investigações forenses. Esses insetos são ocasionalmente responsáveis pela produção de artefatos que podem ser confundidos com ferimentos ou mutilações e eventuais mudanças na cena do crime podendo induzir a erro.

Este estudo permitiu constatar a atividade do grupo Formicidae durante todas as fases de decomposição da carcaça. O grupo *Pheidole* foi o que apresentou o maior número de espécimes coletados. Os representantes do gênero estiveram presentes em todas as fases de decomposição, com registro em todas as amostragens. Dessa forma, o táxon pode representar um possível indicador para estudos forenses colaborando em futuras avaliações na região.

Contudo, ainda se faz necessário a elaboração de novos estudos, incluindo o levantamento da formicifauna em carcaças para outras regiões em diferentes estações do ano e sob outras condições experimentais.

REFERÊNCIAS

1. Foltran RK, Shibatta LS. A Ciência Forense e as principais áreas auxiliares. In: Anais do V Congresso Multiprofissional de Saúde; 2011; Londrina (BR). Anais do V Congresso Multiprofissional em Saúde - Atenção ao Idoso. Paraná: Unifil, 2011. p.5.
2. Catts, EP; Goff, ML. Forensic entomology in criminal investigations. Annu. Rev. Entomol. 1992; 37(1):253-272.
3. Paradela ER, Figueiredo ALS, Gredi R. Entomologia Forense: insetos aliados da lei. Jus Navigandi. 2007; 1537:1-10.
4. Caneparo MFC, Corrêa RC, Mise KM, Almeida LM. Entomologia médico-criminal. Estud. Biol. 2012; 34:215-223.
5. Cruz JD, Silva CC, Raposo-Filho JR. Dipterofauna associada a cadáver de porco doméstico *Sus scrofa domesticus* (Linnaeus, 1758) na cidade de Itabaianinha, estado de Sergipe. Cad. Grad. - Ciências Biol. e da Saúde UNIT. 2014; 2(1):155-173.
6. Hall RD. Medico criminal entomology. In: Catts EP, Haskell NH.

- Entomology and death: a procedural guide. Clemson: Joyce's Print Shop Inc., 1990. p.1-8.
7. Catts, EP. Problems in estimating the postmortem interval in death investigations. J. Agric. Entomol. 1992; 9(4):245-255.
8. Goff, ML. Problems in estimation of postmortem interval resulting from wrapping of the corpse: A case study from Hawaii. J. Agric. Entomol. 1992; 9(4):237-243.
9. Miranda GHB, Costa KA, Luz JRP. Vestígios Entomológicos. In: Velho JA, Costa K A, Damasceno CTM. Locais de crime. Campinas: Millenium Editora; 2013. p.125-150.
10. Lord WD, Stevenson JR. Directory of forensic entomologists. 2. ed. Washington: Misc. Publ. Armed Forces Pest Mgt. Board, 1986.
11. Oliveira-Costa J. Entomologia Forense - quando os insetos são vestígios. Campinas: Millennium Editora; 2003.
12. Leclercq M, Verstraeten CH. Entomologie et médecine légale. L'entomofaune des cadavres humains: sa succession par son inter-prétation, ses résultats ses perspectives. J. Med. Leg. Droit Med. 1993; 36(3-4):205-222.
13. Arnaldos MI, Romera E, García MD, Luna A. Protocolo para la recogida, conservación y remisión de muestras entomológicas en casos forenses. Cuad. Med. Forense. 2001; 25:65-73.
14. Moretti TC, Ribeiro OB. *Cephalotes clypeatus* Fabricius (Hymenoptera: Formicidae): hábitos de nidificação e ocorrência em carcaça animal. Neotrop. Entomol. 2006; 35:412-415.
15. Paula MC, Morishita GM, Cavarson CH, Gonçalves CR, Tavares PR, Mendonça A, Suárez YR, Antoniali-Junior WF. Action of ants on vertebrate carcasses and blow flies (Calliphoridae). J. Med. Entomol. 2016; 53(6):1283-1291.
16. Goff ML, Win BH. Estimation of postmortem interval based on colony development time for *Anoplolepis longipes* (Hymenoptera: Formicidae). J. Forensic Sci. 1997; 42(6):1176-9.
17. Zara FJ; Caetano FH. Mirmecologia e formigas que ocorrem em carcaças. In: Gomes, L. Entomologia Forense: novas tendências e tecnologias nas ciências criminais. Rio de Janeiro: Technical Books; 2010. p.237-281.
18. Blanc-Celino T. Atividade de formigas e suas implicações forenses em um ecossistema dinâmico - o corpo em decomposição [Dissertação]. Seropédica: Instituto de Biologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; 2014.
19. Fonseca AR, Campos RBF, Silva GF. Formigas em carcaças de *Rattus norvegicus* (Berkenhout) em uma área de cerrado no sudeste do Brasil: riqueza e abundância. EntomoBrasilis. 2015; 8:74-78.
20. CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 33, de 7 de dezembro de 1994. Rio Grande do Sul: CONAMA; 1994 [acesso em 10 de set. de 2022]. Disponível em: <https://sema.rs.gov.br/upload/arquivos/201612/02142051-resolucao-conama-n-33.pdf>.
21. Köppen W, Geiger R. Das geographische System der Klimate. Handbuch der Klimatologie. - Gebrüder Borntraeger. Part C. Berlin. 1936; 1:1-44.
22. Bicalho AG, Brugger MS, Fernandes MAC, Espírito-Santo NB, Reis NM, Lopes JFS. Eficiência de métodos de coleta para deter-

- minação da mirmecofauna na reserva biológica municipal Santa Cândida, Juiz de Fora, Minas Gerais. In: Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil; 2007; Caxambu (BR). Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil. Minas Gerais: Sociedade de Ecologia do Brasil, 2007. p.1-2.
23. Bornemissza GF. An analysis of arthropod sucession in carrion and the effect of its decomposition on the soil fauna. Aust. J. Zool. 1957; 5:1-12.
24. Baltazar FN, Cavallari ML, Carvalho E, Tolezano JE, Muñoz DR. Entomologia forense e saúde pública: relevância e aplicabilidade. Bol. Epidemiol. Paul. 2011; 8(87):14-25.
25. Bolton B. Identification guide to the ant genera of the world. Cambridge: Harvard University Press; 1994.
26. Bolton B. Synopsis and classification of Formicidae. Mem. Am. Entomol. Inst. 2003; 71:1-370.
27. CPTEC. Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Brasília: CPTEC; 2025 [acesso em 03 de jun. de 2025]. Disponível em: <https://www.cptec.inpe.br/>.
28. Carvalho LML, Thyssen PJ, Linhares AX, Palhares FAB. A checklist of arthropods associated with pig carrion and human corpses in Southeastern Brazil. Mem. Inst. Oswaldo Cruz. 2000; 95:135-138.
29. Martínez MD, Arnaldos MI, García MD. Datos sobre la fauna de hormigas asociada a cadáveres (Hymenoptera: Formicidae). Boletín Asoc. Esp. Entom. 1997; 21:281-283.
30. Cruz TM, Vasconcelos SD. Entomofauna de solo associada à decomposição de carcaça de suíno em um fragmento de Mata Atlântica de Pernambuco, Brasil. Rev. Biocienc. 2006; 14(2):193-201.
31. Maschio T, Mondoloni DRL, Nondillo A, Azevedo Filho WS. Formigas (Hymenoptera: Formicidae) de importância forense no Rio Grande do Sul - Brasil. In: Agostini G, Azevedo Filho WS, Ribeiro RTS. Ciências Forenses ao alcance de todos. v. 3. São Paulo: Per-Se, 2017. p.213-236.
32. Pinto AP, Pacheco GB, Vignatti G, Peruzzo L, Mondolonia DRL, Nondillo A, Azevedo Filho WS. Formigas (Hymenoptera: Formicidae) de importância forense ocorrentes em carcaça suína (*Sus scrofa*) no município de Bento Gonçalves, RS. Rev. Bras. Crimin. 2023; 12(1):87-92.
33. Dias JO, Suguituru SS, Gomes L, Morini MSC. Ocorrência de formigas (Hymenoptera: Formicidae) em carcaça animal. Biológico. 2007; 69(2):459-460.
34. Souza ASB, Kirst FD, Krüger, RF. Insects of forensic importance from Rio Grande do Sul state in southern Brazil. Rev. Bras. Entomol. 2008; 52 (4):641-646.
35. Hölldobler B, Wilson EO. The ants. Cambridge: Harvard University Press; 1990.
36. Delabie JHC. Comunidades de formigas (Hymenoptera: Formicidae): métodos de estudo e estudos de casos na Mata Atlântica. In: Anais do XII Encontro de Zoologia do Nordeste. 1999; Feira de Santana (BR). Anais do XII Encontro de Zoologia do Nordeste. Bahia: UEFS/SNZ, 1999. p.58-68.
37. Delabie JHC. Ocorrência de *Wasmannia auropunctata* (Roger, 1863) (Hymenoptera: Formicidae, Myrmicinae) em cacauais na Bahia, Brasil. Rev. Theobroma. 1988; 18(1):29-37.
38. Ries ACR. Sucessão da entomofauna associada a carcaças de *Sus scrofa* L. no sul do Brasil [Dissertação]. Porto Alegre: Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul; 2013.
39. Moura MO, Carvalho, CJB, Monteiro-Filho ELA. A preliminary analysis of insects of medico-legal importance in Curitiba, State of Paraná. Mem. Inst. Oswaldo Cruz. 1997; 92(2):269-274.
40. Moraes LS, Brito GA, Pereira EKC, Silva JA, Mendes ID, Rebêlo, JMM. Formigas (Hymenoptera: Formicidae) associadas à decomposição de carcaças *Sus scrofa* expostas na área urbana de São Luís - MA, Brasil. In: Anais do X Congresso de Ecologia do Brasil. 2011; São Lourenço (BR). Anais do X Congresso de Ecologia do Brasil. Minas Gerais: Sociedade de Ecologia do Brasil, 2011. p.1-2.



RELATO DE CASO

RADIOLOGIA FORENSE E O PROCESSO DE IDENTIFICAÇÃO DE CORPOS EM CASOS DE CATÁSTROFES DE MASSA

Leanderson Luiz de Sá*

Instituto Médico Legal André Roquette, Polícia Civil de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil

Wendell da Luz Silva

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Cidade Universitária, São Paulo, SP, Brasil

Guilherme Cavalcante de Albuquerque Souza

Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear, Belo Horizonte, MG, Brasil

Tauer Jordani Gusmão do Couto

Instituto Médico Legal André Roquette, Polícia Civil de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil

FORENSIC RADIOLOGY AND THE BODY IDENTIFICATION PROCESS IN MASS CASUALTY INCIDENTS

RESUMO

A Radiologia Forense (RaF), sub-ramo da Medicina Legal, contribui positivamente em investigações criminalísticas por meio de imagens radiológicas em casos periciais que envolvem mortes violentas ou suspeitas, além de possibilitar a localização e a recuperação de projéteis de arma de fogo. Em cenários de catástrofes ou desastres em massa (CaMs), a RaF constitui ferramenta essencial no Processo de Identificação Forense (PIF), utilizando imagens para auxiliar na identificação de vítimas. O presente trabalho tem como objetivo apresentar um relato de caso da atuação da RaF na identificação de vítimas do rompimento da barragem de rejeitos de minério de ferro em Brumadinho-MG, Brasil, destacando os desafios impostos por materiais atenuantes aos raios-X, a necessidade de adaptabilidade metodológica, o papel da tomografia computadorizada (TC) nas reconstruções 3D para individualização, bem como a celeridade e o custo-benefício dos métodos radiológicos na superação dessas adversidades, com vistas a evidenciar a relevância da RaF e a necessidade de aprimoramento de protocolos na literatura.

PALAVRAS-CHAVE: Radiologia. Radiologia forense. Catástrofes em massa. Identificação. Brumadinho.

ABSTRACT

Forensic Radiology (FRa), a sub-branch of Forensic Medicine, positively contributes to criminal investigations by producing radiological images in forensic cases involving violent and suspicious deaths, as well as enabling firearm projectile recovery. In mass casualty incidents (MCIs), RaF is an essential tool in the Forensic Identification Process (FIP), using imaging to identify victims. This paper aims to present a case report on the role of RaF in victim identification during the collapse of the iron ore tailings dam in Brumadinho-MG, Brazil, highlighting the challenges posed by X-ray attenuating materials, methodological adaptability, the role of computed tomography (CT) in 3D reconstructions for individualization, and the speed and cost-effectiveness of radiological methods in overcoming these adversities, with a view to demonstrating the relevance of RaF and the need for protocol improvement in literature.

KEYWORDS: Radiology. Forensic radiology. Mass casualties. Identification. Brumadinho.

*leandersonpsi@gmail.com

INTRODUÇÃO

A Radiologia Forense (RaF) compreende um sub-ramo da Medicina Legal que se articula com a criminalística para contribuir na elaboração de laudos periciais¹⁻³. No âmbito da Medicina Legal, a RaF desempenha um papel crucial na produção de imagens radiológicas em casos que envolvem mortes violentas ou suspeitas⁴⁻⁶. Parte relevante do trabalho da RaF, desenvolvida nos Institutos Médicos Legais (IMLs), concentra-se no estudo de baleados com a finalidade de produzir imagens que possibilitem a recuperação de projéteis para futuro confronto balístico⁸. A importância dessa atuação é evidenciada pelo registro de 33.039 mortes por arma de fogo no Brasil em 2021, correspondendo a 69% do total de homicídios no país⁷.

Além dessas contribuições mais conhecidas, a RaF oferece outras que são historicamente negligenciadas por pesquisadores e, até mesmo, dentro das próprias instituições em que está inserida. Uma dessas contribuições manifesta-se na realização de exames que auxiliam, ou que, eventualmente, constituem o único método possível no processo de identificação forense. Em casos de catástrofes em massa (CaM), eventos repentinos de natureza violenta causados por fenômenos naturais ou por ação/omissão humana, como desmoronamentos, enchentes, incêndios e outros eventos semelhantes, a dinâmica dos acontecimentos promove lesões extensas resultantes de fenômenos mecânicos, físicos, químicos e/ou biológicos. Tais lesões frequentemente desfiguram os corpos, impossibilitando o reconhecimento facial e a distinção tecidual⁹.

Diante da impossibilidade de reconhecimento visual, as equipes forenses recorrem a métodos de identificação baseados no rastreamento de indicadores biológicos. Esses indicadores fundamentam-se na unicidade corporal, fornecendo assinaturas biológicas que podem confirmar ou excluir a identidade com elevado grau de certeza, inclusive após a morte, por serem características persistentes¹⁰. Exemplos incluem as impressões digitais, o tipo sanguíneo, o DNA e a morfologia do sistema esquelético. Nesse contexto, a identificação por meio de métodos radiológicos emerge como uma técnica rápida e econômica¹¹⁻¹⁴. Abordar a identificação de corpos, portanto, exige ênfase em seus aspectos técnico-científicos.

O Processo de Identificação Forense (PIF) ocorre em várias fases, utilizando diferentes técnicas e contando com a colaboração multiprofissional¹⁵. O PIF é definido como o processo pelo qual se estabelece a identidade de uma pessoa ou de um objeto, ou seja, a determinação de uma individualidade e do conjunto de qualidades que tornam a pessoa única e distinta das demais. O PIF segue um curso que vai dos aspectos mais gerais aos específicos: inicialmente, busca-se determinar a espécie, o sexo e a idade aproximada; em seguida, a identidade da vítima.

Entretanto, a complexidade inerente às CaMs — que, devido à sua grande magnitude, frequentemente ultrapassam as possibilidades de resposta dos órgãos e agentes do Estado,¹⁷⁻²⁰

torna o PIF particularmente desafiador. Embora a RaF apresente poucos registros históricos detalhados de atuação em tais situações, sua contribuição tem se mostrado fundamental em casos notórios. No incêndio do navio SS Noronic, ocorrido em Toronto, Canadá, em 1949, 25 corpos foram identificados por meio de métodos radiológicos. Outro caso relevante foi o ataque terrorista na cidade de Oklahoma, EUA, em abril de 1995, no qual o governo norte americano mobilizou 60 radiologistas e adquiriu emergencialmente equipamentos de raios-X para complementar as instalações básicas, resultando na identificação de seis corpos. O caso de CaM de maior impacto para a RaF ocorreu nos ataques de 11 de setembro às torres do World Trade Center, em Nova York, EUA, que culminaram na identificação de 188 vítimas²⁰.

Brogdon² propõe que a investigação em RaF, em casos que envolvem múltiplas vítimas, seja conduzida em três etapas distintas: análise primária, secundária e terciária.

A pesquisa primária, ou triagem, visa o registro inicial do material encontrado, bem como determinar se o material recebido constitui restos humanos e, em caso afirmativo, quantos segmentos corporais estão presentes. As radiografias podem, ainda, identificar materiais perfurocortantes que representem riscos às equipes de necropsia, além de visualizar objetos pessoais, como alianças, colares ou outros itens que possam contribuir para o processo de identificação. Essa etapa pode envolver o uso de equipamentos de fluoroscopia ou de raios-X com esteiras rolantes, aplicados para finalidade forense.

Na pesquisa secundária, os exames são realizados após a remoção de pertences, como roupas, brincos e anéis, com o objetivo de gerar um conjunto de imagens de todas as estruturas identificadas, respeitando as técnicas básicas internacionalmente reconhecidas²¹⁻²³, para futuras comparações com exames *ante-mortem*. Nesta etapa, determina-se o sexo da vítima por meio da análise radiológica dos ossos da pelve e estima-se a idade pela observação de processos degenerativos ósseos ou do aspecto das epífises dos ossos longos, que permitem estimar a faixa etária daquele indivíduo.

A fase terciária atende às demandas específicas de médicos antropologistas e/ou odontologistas. Esses exames são realizados quando a equipe forense já possui exames *ante-mortem* de um suposto indivíduo e necessita de exames *post-mortem* em projeções específicas para confrontá-los, ou quando se busca enfatizar aspectos singulares da peça examinada, como, por exemplo, o formato do seio frontal, calos ósseos de cicatrização, tumores ósseos e anomalias.

Com base na relevância e na aplicabilidade dessas etapas metodológicas em cenários desafiadores, o presente trabalho visa relatar um caso de atuação dos profissionais de RaF na identificação de vítimas do rompimento de uma barragem de rejeitos de minério de ferro. Apresentam-se os desafios enfrentados e as estratégias utilizadas em sua superação. Tais estratégias e metodologias desenvolvidas poderão contribuir para o fortalecimento das práticas de identificação forense.

METODOLOGIA

Este estudo consiste em um relato de experiência institucional com abordagem qualitativa, descritiva e retrospectiva, realizado no Instituto Médico Legal André Roquette, em Belo Horizonte (IMLAR/BH), Minas Gerais, Brasil. O contexto analisado referiu-se à atuação dos profissionais da RaF durante o processo de identificação das vítimas do rompimento da barragem da Mina Córrego do Feijão, em Brumadinho-MG, Brasil, ocorrido em janeiro de 2019. As informações foram obtidas a partir dos registros internos do serviço, documentos institucionais, imagens radiológicas arquivadas e relatos técnicos dos profissionais envolvidos. Os exames radiológicos foram realizados em equipamentos de raios-X digitais (DR) Pendulum (Philips), com aquisição e arquivamento das imagens em sistema PACS. O fluxo de trabalho foi desenvolvido de forma colaborativa entre os setores de necropsia, papiloscopia, odontologia legal, antropologia e radiologia do IMLAR/BH.

O uso dos dados e imagens apresentados teve aprovação do Centro de Estudos do IMLAR/BH, do Comitê de Ética e da Superintendência de Polícia Técnico Científica (SPTC) da Polícia Civil de Minas Gerais, respeitando os critérios legais de confidencialidade e finalidade técnico-científica.

CASUÍSTICA

Rompimento da Barragem

Em 25 de janeiro de 2019, ocorreu o rompimento da barragem de rejeitos de minério da mina B1 do Córrego do Feijão, no município de Brumadinho-MG. Esse evento catastrófico resultou no escoamento de 12 milhões de metros cúbicos de lama de minério que atingiram parte da mineradora Vale e o vilarejo

do Córrego do Feijão, causando a morte de 270 pessoas²⁴. A maioria das vítimas era composta por trabalhadores terceirizados da mineradora.

A magnitude da tragédia impôs uma demanda significativa à atuação do Estado na localização, remoção e identificação dos corpos e restos mortais.

Atuação dos Profissionais da RaF do IMLAR/BH na Identificação de Vítimas do CaM

No IMLAR/BH, foi adotado o protocolo da Interpol DVI25, que prevê uma atuação multidisciplinar e a integração de membros de diversos países na resposta a eventos de desastre. Contudo, os profissionais da RaF do IMLAR/BH não tinham conhecimento prévio das diretrizes específicas do DVI e nem do protocolo de atendimento em três fases sugerido por Brogdon². O guia DVI, por sua vez, não preconiza uma atuação detalhada dos serviços de RaF em CaM.

A equipe, embora composta por profissionais com uma média de mais de 8 anos de experiência, foi surpreendida pela presença de rejeitos de minério de ferro na superfície dos corpos. Esses materiais, devido à sua alta densidade, atenuaram significativamente os raios-X, dificultando a aquisição de imagens, como pode ser observado nas Figuras 1A e 1B. A Figura 1A, uma radiografia da região do tórax/abdome, mostra uma grande concentração de rejeitos de minério de ferro misturados ao segmento corporal que atenuou a passagem dos raios-X. A título de comparação, uma tesoura metálica foi posicionada sobre a peça corporal que se mostrou apenas como uma sombra. Similarmente, a Figura 1B, que apresenta uma radiografia de antebraço e mão, permitiu visualizar apenas as regiões do carpo e metacarpo devido à opacidade causada pelo minério de ferro no antebraço.

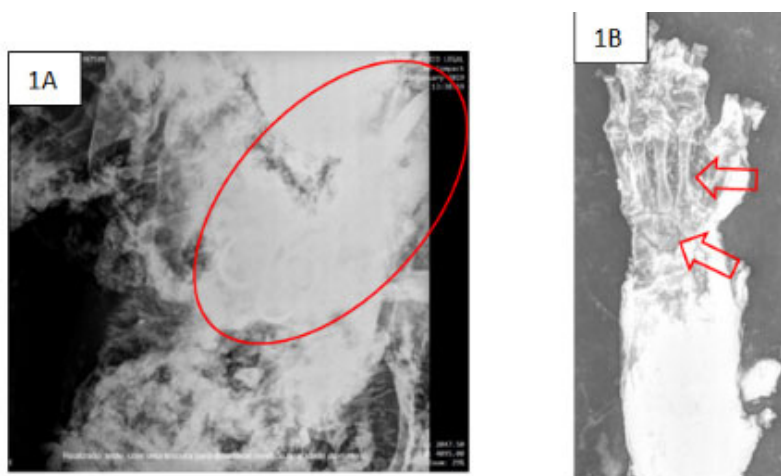


Figura 1 - A) Radiografia da região do tórax/abdome. A elipse vermelha destaca a sombra da tesoura. B) Radiografia de antebraço e mão. As setas vermelhas indicam regiões de carpo e metacarpo.

Constatou-se, assim, a impossibilidade de adquirir imagens sem a lavagem prévia dos corpos e segmentos, tornando-se essencial para a remoção da lama e do minério. Diante desse desafio, a equipe multidisciplinar estabeleceu uma nova sequência de trabalho: limpeza e realização de necropsia, coleta de digitais, exames radiológicos e exames odonto-legais. Essa mudança fez com que os exames radiológicos passassem a ser realizados na segunda etapa, uma inversão em relação à pesquisa primária proposta por Brogdon². Os profissionais da RaF, então, adquiriram imagens em incidências anteroposteriores (AP) dos corpos e segmentos já necropsiados e lavados, o que resultava em uma menor quantidade de rejeito.

Os casos eram cadastrados no software PACS com a sigla DVI seguida do número de registro, e os exames eram salvos em um banco de dados para consulta posterior por médicos legistas e radiologistas. Mesmo nessa fase de pesquisa secundária, algumas imagens revelaram achados inesperados que otimizaram o processo de identificação. Por exemplo, uma aliança, que não havia sido notada durante a necropsia devido à lama ainda impregnada no cadáver, foi visualizada pela radiografia, conforme mostra a Figura 2A. Além disso, uma haste metálica no quarto metacarpo esquerdo de outra vítima também foi registrada nas imagens radiográficas, como mostram as Figuras 2B e 2C, sendo um elemento crucial para a identificação.

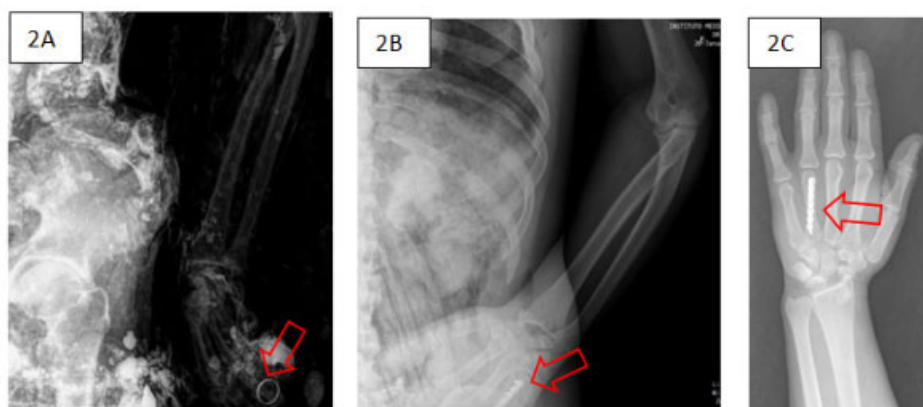


Figura 2 - A) Radiografia de segmento corporal mostrando mão contendo aliança, indicada pela seta vermelha. B) Radiografia de segmento corporal mostrando uma peça cirúrgica, indicada pela seta vermelha. C) Mesmo caso da imagem 5 foi radiografado novamente em técnica PA de mão evidenciando a peça cirúrgica no metacarpo.

Durante o evento, os exames radiográficos provenientes de diversos casos de vítimas, revelaram achados cruciais. Em alguns casos, foram constatadas intervenções odontológicas restaurativas (Figuras 3A e 3B) que permitiram uma identificação mais célere. Além disso, as análises radiográficas evidenciaram

presença de rejeitos de minério de ferro dentro dos corpos, mais especificamente nas vias aéreas superiores e também no reto, demonstrando-se como consequência direta do evento, uma vez que esses rejeitos penetraram por essas vias. (Figuras 4A e 4B, respectivamente).

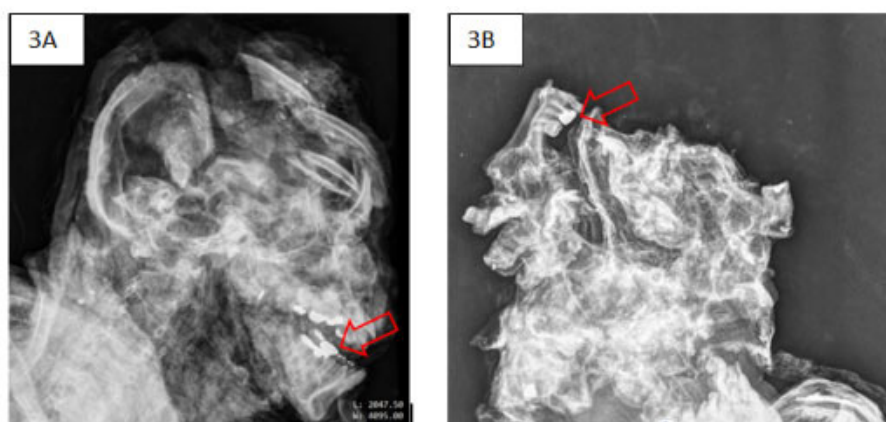


Figura 3 - A) Radiografia de crânio em perfil. Mandíbula e maxila evidenciando material restaurador em molares inferiores, indicado pela seta vermelha. B) Radiografia de fragmentos de crânio. Presença de restauração odontológica em um dos molares inferiores, indicado pela seta vermelha.

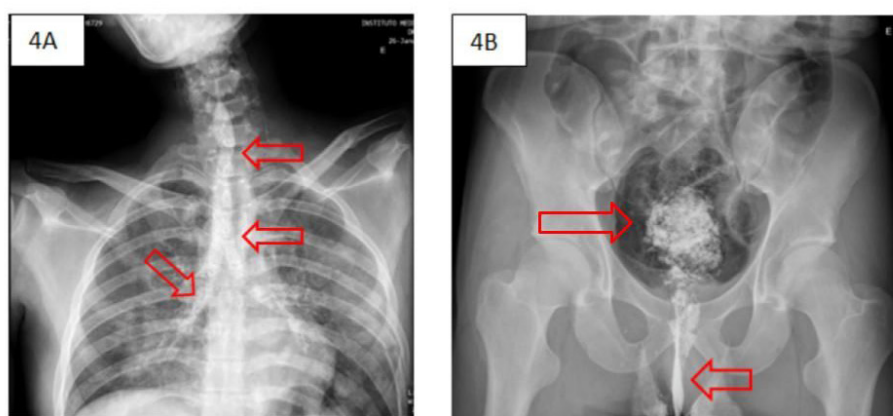


Figura 4 - A) Radiografia da região torácica. Presença de rejeito de minério preenchendo a traqueia e brônquios primários, indicado pelas setas vermelhas. B) Radiografia da pelve. Material radiopaco localizado nas alças intestinais e canal e ampola retal, ambos indicados pelas setas vermelhas.

Ao longo dos meses que se seguiram à catástrofe, as equipes de solo continuaram a encontrar e encaminhar à perícia diversos segmentos menores. Esses fragmentos chegavam acondicionados em sacos menores e, antes de serem abertos, passavam pela triagem na radiologia (pesquisa primária). Em al-

gumas ocasiões, material de natureza não humana foi radiografado, como ilustra a Figura 5A que mostra um secador de cabelos equivocadamente identificado como “provável cotovelo humano”. Contudo, em outros casos, fragmentos de antebraço e cotovelo também foram encontrados, como mostra a figura 5B.

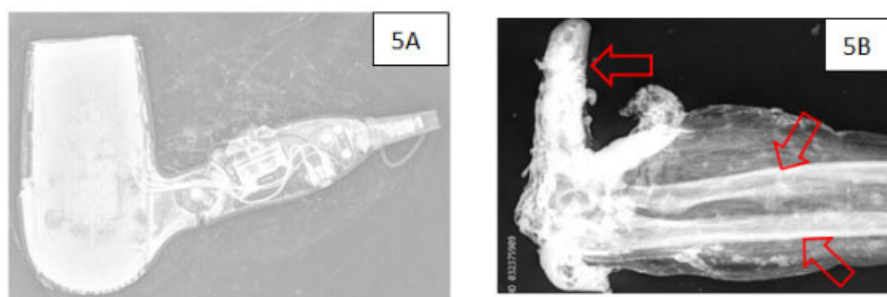


Figura 5 - A) Radiografia realizada com material ainda acondicionado em saco fechado. B) Radiografia de seguimento de braço e antebraço. As setas vermelhas indicam os ossos que compõem a região do cotovelo – úmero, rádio e ulna.

É importante destacar que do total de 270 mortos no desastre²⁴, 267 vítimas já foram identificadas e, até outubro de 2025, duas vítimas ainda não haviam sido localizadas. Cada novo fragmento encontrado é recolhido e encaminhado ao IMLAR/BH para perícia. Os segmentos corporais pertencentes às vítimas já identificadas e sepultadas geram um processo de reidentificação por confirmação genética em um banco de dados, utilizando métodos como a análise radiológica para pareamento de exames *ante-mortem* e *post-mortem*, e a confirmação por DNA, nos casos de reidentificação.

Um caso desafiador envolveu uma das vítimas localizada

sem crânio, impossibilitando exames odontológicos diretos, e com papilas dérmicas das falanges decompostas. Após o confronto inicial de informações, um suposto foi estabelecido e sua família foi convocada a apresentar exames *ante-mortem*, além de ceder material genético. Os familiares apresentaram radiografias e exames *ante-mortem* de ressonância magnética (RM), em corte sagital, que revelaram lesões por tuberculose óssea na região lombar, além de depressão óssea nos corpos da quarta e quinta vértebras lombares, e flebólitos na região pélvica, conforme as figuras 6A, 6B e 6C.

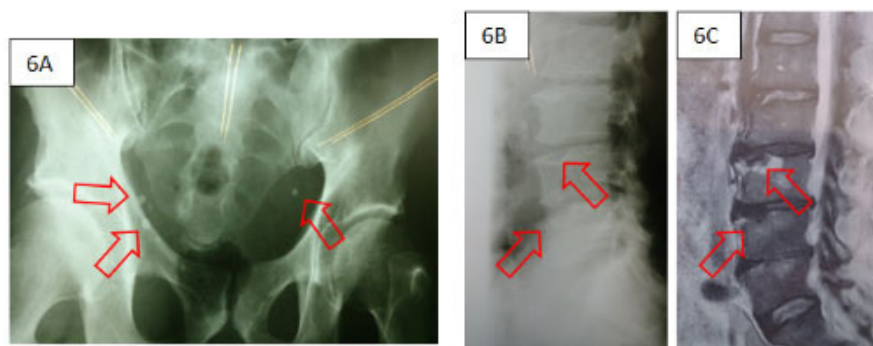


Figura 6 - A) Radiografia da pelve. As setas vermelhas indicam flebólitos. B) Radiografia de coluna lombar em perfil mostrando lesões ósseas. C) RM de coluna lombar em corte sagital. As setas vermelhas indicam depressões ósseas nos corpos vertebrais.

Ao receber os exames *ante-mortem*, a equipe da Antropologia Forense solicitou ao Serviço de RaF a realização dos exames no cadáver encontrado com intuito de encontrar elementos de individualização. Embora o corpo já tivesse passado pelas fases preliminares de análise, a radiografia *post-mortem* da re-

gião pélvica adquirida não contribuiu para a identificação dos flebólitos, pois apresentou artefatos dos rejeitos de minério de ferro. Por essa razão, a equipe realizou aquisição de imagens por TC seguida de reconstruções em 3D que evidenciaram claramente os elementos de individualização.

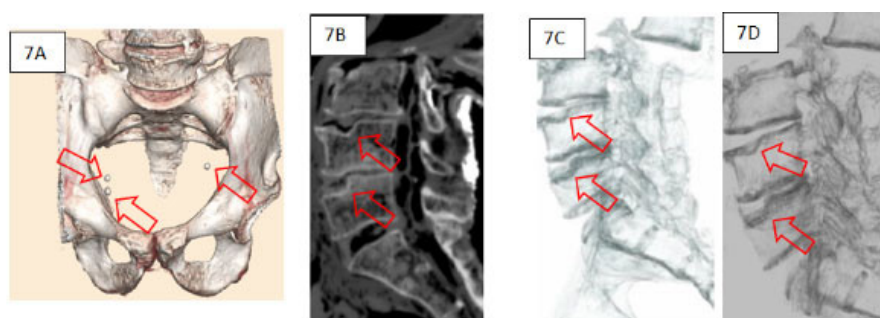


Figura 7 - A) Reconstrução tomográfica *post-mortem* em 3D. Flebólitos destacados pelas setas vermelhas. B) Reconstrução tomográfica da coluna lombar *post-mortem*. As setas vermelhas indicam depressões ósseas nos corpos da quarta e quinta vértebra. C) Apresenta reconstruções *post-mortem* em 3D feito em tomografia computadorizada utilizando filtro de transparência evidenciando as lesões nos mesmos sítios e com mesma morfologia, indicados pelas setas vermelhas, do exame de ressonância magnética. D) Reconstruções tomográficas da coluna lombar com um segundo filtro de transparência. As setas vermelhas indicam depressões ósseas nos corpos vertebrais.

A primeira reconstrução realizada buscou evidenciar os flebólitos pélvicos mostrados na figura 7A. Na sequência, e com o intuito de conferir maior materialidade ao laudo final de identificação, os técnicos da RaF realizaram outras reconstruções em 3D da região da coluna lombar, conforme pode ser observado nas figuras 7B, 7C e 7D em particular, que apresenta uma reconstrução multiplanar *post-mortem* em corte sagital, obtida por TC, que evidenciou lesões nos mesmos sítios e com a mesma morfologia observada no exame de RM.

DISCUSSÃO

O PIF segue uma progressão dos aspectos mais genéricos

aos específicos até culminar na identificação individual da vítima. Inicialmente, questiona-se se o material examinado é humano; a pesquisa primária, conforme sugerida por Brogdon², pode responder a essa questão de imediato, como demonstrado no exemplo da Figura 5A. Na sequência, o PIF busca determinar o sexo: na ausência dos órgãos genitais em corpos carbonizados, decompostos ou em segmentos corporais. As radiografias de ossos da pelve, realizadas em uma pesquisa secundária, fornecem essa resposta, como ilustrado na Figura 4B. Um terceiro passo é a estimativa da idade aproximada, que pode ser avaliada por achados radiológicos da presença ou ausência de sinais osteo-articulares degenerativos, facilmente observáveis em segmentos de coluna, como na figura 6B, ou pela presença/ausência de

linhas epifisárias de crescimento nos ossos. Essas três fases iniciais do PIF podem e devem ser acompanhadas pelas pesquisas primária, secundária e terciária propostas por Brogdon², pois reduzem significativamente o universo de busca em casos de múltiplas mortes em CaMs. As metodologias articuladas economizam tempo e recursos do Estado, permitindo que exames e análises mais complexas e demoradas sejam feitos apenas nos casos em que haja um índice considerável de probabilidade de identificação individual.

No caso em tela, as imagens produzidas com o suporte da TC foram suficientes para que o legista especialista em radiologia elaborasse um laudo conclusivo com a identificação individual positiva do suposto referente ao conjunto de imagens ilustradas na figura 6. Entre o início da pesquisa terciária e a conclusão do laudo final, decorreram pouco mais de 24 horas. Esse fato aponta que, mesmo em circunstâncias de CaMs, os métodos radiológicos de identificação forense se mostram mais céleres e com melhor custo-benefício quando comparados, por exemplo, à pesquisa genética. Naturalmente, essa assertiva leva em consideração a disponibilidade de recursos tecnológicos e de profissionais experientes e capacitados.

É importante destacar que a escassez de referências na literatura a respeito da atuação de profissionais da RAF em casos de acidentes de massa impõe um desafio adicional que impacta significativamente na prática destes profissionais por falta de um embasamento teórico. Essa deficiência é agravada pelo fato de que protocolos internacionais existentes sobre o tema, como o guia DVI da Interpol²⁵, não detalham a atuação específica da RaF. Desta forma, este estudo de relato de caso reforça a discussão sobre a importância teórico-metodológica do tema.

A atuação prática na abordagem do caso de Brumadinho, detalhada neste trabalho, evidencia a relevância e os resultados positivos da aplicação dos estudos radiológicos nessas circunstâncias. Por exemplo, a impossibilidade inicial de adquirir imagens devido aos rejeitos de minério de ferro nos corpos (Figura 1) destaca uma limitação prática não discutida na literatura que foca em técnicas de imagem²⁶⁻²⁹. A solução encontrada de alterar a sequência de trabalho para incluir a lavagem prévia dos corpos confronta diretamente com a “pesquisa primária” de Brogdon², que preconiza a radiografia como uma etapa de triagem inicial antes mesmo da remoção de pertences.

Adicionalmente, os achados inesperados, como a identificação de alianças ou peças cirúrgicas (Figura 2) e intervenções odontológicas (Figuras 3) em exames *post-mortem*, demonstram que a RaF otimiza o processo de identificação mesmo quando outras evidências estão comprometidas. A capacidade da RaF de revelar a causa do óbito e as consequências do evento, como a presença de rejeitos dentro dos corpos (Figura 4), também se alinha com o que a literatura descreve como a capacidade de documentar informações individualizantes e traumatismos⁶.

A utilização da TC para reconstruções em 3D de elementos de individualização (Figura 7), em casos onde radiografias

convencionais não foram conclusivas devido a artefatos, reforça o papel da TC como uma ferramenta superior em comparação com a radiografia convencional em situações complexas, como demonstra Thali e colaboradores¹². A rapidez na conclusão do laudo final (pouco mais de 24 horas) para um caso desafiador, por meio de métodos radiológicos, sugere uma celeridade e custo-benefício que merecem maior destaque na literatura e nos protocolos em comparação com outras técnicas, como a pesquisa genética, que pode ser mais demorada e onerosa.

Diante do exposto, é evidente a necessidade de avançar nas publicações e na elaboração de protocolos específicos para a RaF, à luz das novas tecnologias e das experiências de campo. Isso permitirá um embasamento mais sólido para a prática profissional e o fortalecimento das metodologias articuladas no Processo de Identificação Forense em Catástrofes de Massa.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A expressividade da RaF, enquanto ciência e método de investigação, manifesta-se progressivamente à medida que seus profissionais demonstram seu potencial e capacidade de adaptação em situações de adversidade. O acúmulo e a difusão de experiências, como a apresentada neste artigo, são cruciais para o reconhecimento da importância da RaF e de seus profissionais, bem como para o estabelecimento de bases sólidas para atuações futuras. É fundamental reconhecer que cada CaM apresenta características únicas. Desta forma, embora teorias, protocolos e alguns modelos de gestão sirvam como orientações essenciais, eles podem necessitar de adaptações, exigindo dos profissionais o desenvolvimento contínuo de novas práticas e técnicas. Estima-se, portanto, que este trabalho sirva de incentivo para que outros profissionais das técnicas radiológicas e pesquisadores no campo da RaF busquem o aprofundamento e a aplicação dos conhecimentos radiológicos em conjunto com a criminalística, contribuindo para o avanço contínuo desta relevante área de atuação das ciências forenses.

REFERÊNCIAS

1. Silva WL. O regime jurídico da radiologia legal. [Dissertação de mestrado]. Santo Amaro: Universidade de Santo Amaro; 2023.
2. Brogdon G. Forensic Radiology. 2ª ed. Florida: CRC Press; 2011.
3. Sabino BV, Souza GCA, Prates SLV. Radiodiagnóstico e ciência forense. Anais da [1] Semana Nacional de Engenharia Nuclear e da Energia e Ciências das Radiações. 2022: 1-10.
4. Oliveira SF, Koch HA, Almeida CAP, Gutfilen B. Participação da radiologia nas perícias necroscópicas de baleados realizadas no Instituto Médico-Legal do Rio de Janeiro. Radiol Bras. 2005;38(2):121-124.
5. Sá LL, Souza GCA, Mendes LMM. Aplicação da radiologia forense no IML/BH. Revista Criminalística e Medicina Legal. 2020; (1): 16-23.

6. Lo Re G, Argo A, Serraino S, Zerbo S, Spagnolo E, Midiri M. Pitfalls on Postmortem Imaging: The Need of Blending Conventional and Virtual Autopsy on Burnt-Charred Body. In: *Radiology in Forensic Medicine: From Identification to Post-mortem Imaging*. United States of America: Springer; 2020. p. 273-278.
7. Cerqueira D, Bueno S, Lima RS, Alves PP, Marques D, Lins GOA, et al. Atlas da violência 2023. [Internet]. Rio de Janeiro: IPEA; 2023. [Acesso em 09 maio 2023]. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/atlasviolencia/publicacoes>.
8. França GV. *Medicina legal*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2011.
9. Machado CEP, Deitos AR, Velho AJ, Cunha E. *Tratado de antropologia forense. fundamentos e metodologias aplicadas à prática pericial*. Campinas: Millennium; 2022.
10. Thompson T. *Forensic human identification: an introduction*. Boca Raton: CRC Press; 2006.
11. Pereira MFG. Identificação humana através das particularidades ósseas no exame radiográfico da coluna vertebral e tórax. [Dissertação de mestrado]. Porto: Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar, Universidade de Porto; 2018.
12. Thali MJ, Jackowski C, Oesterhelweg L, Ross SG, Dirnhofer R. Virtopsy - The Swiss virtual autopsy approach. *Leg Med (Tokyo)*. 2007;9(2):100-104.
13. Schmitt A, Cunha E, Pinheiro J. *Forensic anthropology and medicine: complementary sciences from recovery to cause of death*. Totowa: Humana Press; 2006.
14. Sá LL, Santos DPM, Martins KDS. Radiologia forense no contexto médico-legal: atuação em casos de homicídio por arma de fogo. *Radiol Bras*. 2022;55(1):65-72.
15. Rocha CS. Atuação da equipe multidisciplinar do instituto médico legal de Belo Horizonte frente ao rompimento da barragem B1, da mina do córrego do feijão, em Brumadinho. [Dissertação de mestrado]. Belo Horizonte: Programa de Pós-Graduação em Promoção em Saúde e Prevenção à violência, Universidade Federal de Minas Gerais; 2020.
16. Reis JES. Padronização da identificação humana por comparação radiológica computadorizada de estruturas ósseas. [Tese de doutorado]. Campinas: Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Universidade Estadual de Campinas; 1999.
17. Organización Panamericana de la Salud. Establecimiento de um sistema de atención de víctimas en massa. United States of America; 1996.
18. Organização das Nações Unidas (ONU). Década Internacional de Redução de Riscos de Desastres Naturais (1990 -1999) – DIRDN. Resolução n.44/236. New York; 1989.
19. Araújo LG, Biancalana RC, Terada ASSD, Paranhos LR, Machado CEP, Silva RHA. A identificação humana de vítimas de desastres em massa: a importância e o papel da Odontologia Legal. *RFO*. 2013;18(3):289-293.
20. National Library of Medicine. Remains of a day: half of New York 9/11 victims identified by ME [Internet]. 2002 [Acesso em 09 maio 2023]. Disponível em: <https://www.nlm.nih.gov/>.
21. Biasoli AJ. Técnicas radiográficas: princípios físicos, anatomia básica e posicionamento. São Caetano do Sul: Yendis Editora; 2006.
22. Boisson LF. Técnica Radiológica Médica básica e avançada. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2007.
23. Lampignano JP, Kendrick LE. *Tratado de posicionamento radiográfico e anatomia associada*. 10 ed. Rio de Janeiro: GEN Guanabara Koogan; 2023.
24. Brasil. Conselho Nacional dos Direitos Humanos. Relatório da missão emergencial a Brumadinho/MG após rompimento da Barragem da Vale S/A. Brasília: CNDH; 2019.
25. Interpol. Disaster victim identification guide. Proposed Amendments. Lyon; 2014.
26. Sidler M, Jackowski C, Dirnhofer R, Vock P, Thali M. Use of multislice computed tomography in disaster victim identification. Advantages and limitations. *Forensic Sci Int*. 2006;169:118-128.
27. Walsh M, Reeves P, Scott S. When disaster strikes; the role of the forensic radiographer. *Radiography*. 2004;10:33-43.
28. O'Donnell C, Iino M, Mansharan K, Leditschke J, Woodford N. Contribution of postmortem multidetector CT scanning to identification of the deceased in a mass disaster: experience gained from the 2009 Victorian bushfires. *Forensic Sci Int*. 2011;205:15-28.
29. Ruder TD, Kraehenbuehl M, Gotsmy WF, Thali MJ. Radiologic identification of disaster victims: a simple and reliable method using CT of the paranasal sinuses. *Eur J Radiol*. 2012;81:e132-e138.



REVISÃO

VETVIRTÓPSIA: CONCEITOS E ABORDAGEM CIENTÍFICA

Wendell da Luz Silva*

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Cidade Universitária, São Paulo, SP, Brasil

Tália Missen Tremori

Centro Universitário La Salle, Unilasalle, Rouen, França

Jackson Barros do Amaral

Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Sanidade Animal, São Paulo, SP, Brasil

Leanderson Luiz de Sá

Instituto Médico Legal André Roquette, Polícia Civil do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil

Henrique Marcelo Guerin Reis

Centro Universitário Braz Cubas, São Paulo, SP, Brasil

Guilherme Cavalcante de Albuquerque Souza

Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear, Belo Horizonte, MG, Brasil

Richard Siqueira Dias

Escola Técnica de Aplicação Profissional, Duque de Caxias, RJ, Brasil

VETVIRTOPSY: CONCEPTS AND SCIENTIFIC APPROACH

RESUMO

Este estudo analisou os avanços e aplicações da radiologia veterinária forense e legal no contexto brasileiro, com enfoque na técnica de *VetVirtopsy*. Por meio de uma revisão integrativa da literatura e análise documental de laudos periciais, foram analisados 47 casos de necrópsias animais descritos na literatura selecionada, comparando métodos tradicionais com a necrópsia virtual. Os resultados demonstraram que a *VetVirtopsy* apresenta vantagens significativas na identificação de lesões internas e na preservação de evidências forenses, além de maior precisão na detecção de microfraturas. A pesquisa evidencia o crescente uso dessas técnicas imagiológicas (radiografia, tomografia computadorizada e ressonância magnética) em três principais eixos: 1. avaliação do bem-estar animal; 2. investigação de crimes ambientais (conforme Art. 32 da Lei 9.605/98); 3. diagnóstico *post-mortem*. Concluiu-se que a radiologia veterinária forense representa um novo paradigma para a medicina legal animal no Brasil, destacando-se como ferramenta indispensável para laudos periciais mais precisos e menos invasivos, embora sua implementação em larga escala ainda dependa da padronização de protocolos, capacitação profissional e regulamentação específica pelo Conselho Nacional de Técnicos em Radiologia (CONTER).

PALAVRAS-CHAVE: Imaginologia Veterinária Forense. Radiologia Veterinária Legal. Radiologia Forense.

ABSTRACT

This study analyzes the advancements and applications of veterinary forensic and legal radiology in the Brazilian context, with a focus on the VetVirtopsy technique. Through an integrative literature review and documentary analysis of expert reports, a total of 47 animal necropsy cases described in the selected literature were analyzed, comparing traditional methods with virtual necropsy. The results demonstrate that VetVirtopsy presents significant advantages in the identification of internal lesions and in the preservation of forensic evidence, in addition to greater accuracy in the detection of microfractures. The research highlights the growing use of these imaging techniques (radiography, computed tomography, and magnetic resonance imaging) in three main axes: 1. animal welfare assessment; 2. investigation of environmental crimes (according to Article 32 of Law 9.605/98); 3. post-mortem diagnosis. It is concluded that veterinary forensic radiology represents a new paradigm for animal forensic medicine in Brazil, standing out as an indispensable tool for more precise and less invasive expert reports, although its large-scale implementation still depends on the standardization of protocols, professional training, and specific regulation by the National Council of Radiology Technicians (CONTER).

KEYWORDS: Veterinary Forensic Imaging. Legal Veterinary Radiology. Forensic Radiology

* wendell.luz@gmail.com

INTRODUÇÃO

O uso da técnica do radiodiagnóstico está de acordo com as Diretrizes Básicas do curso técnico em radiologia médica (2018) do Conselho Nacional de Técnicos em Radiologia – CONTER, sendo normalizado pela Lei nº 7.394, de 29 de outubro de 1985, que regulamenta o exercício da profissão de técnicos em radiologia e é complementada pelo Decreto-Lei nº 92.790 de 17 de junho de 1986. Essas normas estabeleceram os Conselhos Regionais e Nacional, determinando as bases legais de uma classe profissional que já detinha direitos e vantagens para servidores que operavam aparelhos que emitem Raios X e substâncias radioativas desde a Lei nº 1.234, de 14 de novembro de 1950, mas que permaneceu não regida por quase 40 anos após essa lei inicial. Contudo, somente 20 anos depois da Lei nº 7.394/85, com a Resolução nº 02, de 10 de maio de 2005, o CONTER instituiu e normatizou as atribuições, competências e funções do profissional tecnólogo em radiologia veterinária, definindo em seu Art. 3º que “*os procedimentos na área de radiologia veterinária e odontológica ficam também definidos como radiodiagnóstico*”. Posteriormente, em 2009, com a Resolução nº 6 do CONTER, a radiologia forense foi incluída no referido artigo, sendo considerada um ramo do radiodiagnóstico. Ambas as resoluções foram revogadas e a questão atualmente é regulamentada pela Resolução nº 02, de 04 de maio de 2012.

Avançando na inovação técnica, emerge o neologismo “*Virtopsy®*”, que combina “virtual” e “autopsy” (autópsia), conceito pioneiramente desenvolvido pelo grupo de pesquisa suíço liderado por Richard Dirnhofer e Michael J. Thali no Instituto de Medicina Forense de Berna. Esta metodologia representa uma mudança de paradigma na tanatologia moderna, substituindo o enfoque tradicional baseado em dissecação por um protocolo multimodal de imageamento post-mortem não invasivo, que inclui técnicas como o scanner de superfície, radiografias, tomografias computadorizadas (TC) e ressonâncias magnéticas (RM), visando o registro detalhado da superfície e área interna dos órgãos de indivíduos falecidos¹. A transposição desta tecnologia para a medicina veterinária originou a *VetVirtopsy*, que aplica esses princípios imagiológicos no contexto forense animal. Essa adaptação requer considerações específicas devido às variações anatômicas interespecíficas e à necessidade de protocolos de aquisição de imagens diferenciados².

Apesar do desenvolvimento contínuo da imagiologia veterinária, persistem problemas significativos relacionados à padronização de protocolos para aplicação forense. As principais lacunas identificadas na literatura incluem: (a) falta de consenso nos critérios de aquisição e interpretação de imagens para diferentes espécies animais; (b) insuficiência de diretrizes nacionais para validação probatória dos laudos imagiológicos em processos judiciais; (c) carência de normativas que articulem as especificidades da medicina veterinária com os requisitos do ordena-

mento jurídico civil brasileiro.

Dessa forma, este estudo tem como objetivo central analisar criticamente as aplicações da *VetVirtopsy* no contexto jurídico-veterinário brasileiro, com o intuito de identificar e discutir as lacunas existentes na padronização de protocolos imagiológicos forenses para diversas espécies animais.

METODOLOGIA

Este trabalho baseou-se em uma abordagem exploratória e qualitativa, investigando a ligação intrínseca entre o Departamento Médico, a Radiologia e a Medicina Legal no contexto específico da Medicina Veterinária. Realizou-se uma análise concentrada de situações reais extraídas de artigos científicos nas bases de dados PubMed e Google Acadêmicos, incluindo estudos que mencionaram a técnica de *Virtopsy* aplicada na área da medicina veterinária, tanto na língua portuguesa como na língua inglesa, que representassem o conhecimento mais atualizado até junho de 2025.

Como objeto de assegurar um rigoroso endosso, foram priorizados estudos de grande relevância para as nossas ambições acadêmicas, sociais, jurídicas e forenses, incluindo contribuições científicas de grande impacto na radiologia veterinária forense e jurídica.

Além de uma revisão técnica, uma investigação requer métodos qualitativos para validar ou impactar as regulamentações legais na prática da radiologia forense, especificamente no contexto de uma investigação veterinária. Tal metodologia possibilitou ouvir de que maneira médicos veterinários, juristas e radiologistas se relacionam e são influenciados pelo panorama jurídico e social no âmbito da investigação veterinária forense, expandindo a visão interdisciplinar do tema para a medicina veterinária.

RADIOLOGIA VETERINÁRIA LEGAL VERSUS RADIOLOGIA VETERINÁRIA FORENSE

A radiologia veterinária forense e a radiologia veterinária legal são duas disciplinas distintas, embora inter-relacionadas, já que a distinção lexical impõe aplicações metodologicamente diferentes. A radiologia veterinária forense utiliza técnicas imagiológicas com radiação ionizante e não ionizante para investigar crimes envolvendo animais, enquanto a radiologia veterinária legal utiliza essas técnicas para resolver disputas legais relacionadas a conflitos jurídicos entre o Direito e a Radiologia Veterinária. Ela auxilia na identificação de lesões mecânicas para a elaboração de documentos legais em processos judiciais relacionados ao Art. 32 da Lei nº 9.605/98, conhecida como Lei de Crimes Ambientais^{3,4}.

Para melhor compreensão das aplicações e focos investigativos, as principais características que distinguem a radiologia veterinária forense da radiologia veterinária legal estão listadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Distinção entre a radiologia veterinária forense e a radiologia veterinária legal.

Características	Radiologia Veterinária Legal	Radiologia Veterinária Forense
Objetivo Principal	Aplica-se ao uso dos conhecimentos médicos veterinários para analisar os resultados obtidos nos exames do diagnóstico por imagem.	Aplicação de técnicas de imagem com a finalidade de auxiliar a situações legais envolvendo animais fornecendo informações à justiça.
Foco da Investigação	Todas as relações imaginológicas envolvendo animais no campo social, jurídico e forense.	Conflitos que deixaram vestígios.
Campo de Atuação	Identificação da causa da morte, determinação de maus-tratos e identificação de autores de crimes, comparando com a norma estabelecida.	Identificação da causa da morte, determinação de maus-tratos e identificação de autores de crimes, por meio de técnicas imaginológicas.
Limitações Metodológicas	Conceitual, Semiótico e Ontológico.	Práticas: As variações teciduais e a perda das evidências em razão do tempo demonstram uma ausência de protocolos especializados.

TÉCNICAS DE INVESTIGAÇÃO

A virtópsia, que emprega análises virtuais de corpos, surge como um método auxiliar de diagnóstico promissor. Contudo, por ser uma área recente, suas utilizações e restrições ainda estão sendo descobertas. O futuro é animador, pois a virtópsia se mostra um campo de estudo em evolução constante⁴. Com essa tecnologia, pode-se identificar alterações morfológicas e consequentemente funcionais ligadas a doenças, além de detectar modificações, suas causas e até antecipar traços do comportamento biológico de agentes, principalmente os de saúde pública⁴.

A parceria entre a Faculdade Vetsuisse da Suíça e a Clíni-

ca de Diagnóstico por Imagem da Universidade de Zurique resultou na criação dessa nova linguagem para exames post-mortem. A substituição do prefixo “auto” por “virtual” ressalta a reprodutibilidade e a possibilidade de reanálise das provas periciais, elementos essenciais para esclarecer questões legais, confirmar ou corrigir avaliações médicas e aprimorar tratamentos futuros⁶.

A virtópsia, que permite a análise criteriosa de órgãos internos e externos sem a necessidade de intervenção cirúrgica, inclui um conjunto diversificado de métodos de imagem, incluindo radiografias, TC e RM. A Tabela 2 apresenta um relato detalhado das metodologias de investigação *ante-mortem* e *post-mortem* utilizados em Radiologia Legal^{5,6}.

Tabela 2 - Formas de Investigação ante-mortem e post-mortem utilizadas em Radiologia Legal⁶.

MÉTODOS DE INVESTIGAÇÃO POR IMAGENS	
Internas	• Radiografia <i>ante-mortem</i> e <i>post-mortem</i>; • Tomografia Computadorizada <i>ante-mortem</i> e <i>post-mortem</i>: ● Microtomografia Computadorizada ● Virtangio (Exames contrastados) ● Multienergia (Dual Energy) • Ressonância Magnética <i>ante-mortem</i> e <i>post-mortem</i>: ● Microressonância Magnética ● Angioressonância Magnética ● Espectroscopia. • Ultrassonografia <i>ante-mortem</i> e <i>post-mortem</i>.
Externas	• Medições à mão; • Fotografia médica <i>ante-mortem</i> e <i>post-mortem</i>; • Imagem térmica <i>ante-mortem</i> e <i>post-mortem</i>; • Fotogrametria; • Estereofotogrametria; • <i>Scanner</i> de superfície; • <i>Scanner</i> a laser.
Minimamente Invasivas - MIA	• Guiada por Tomografia Computadorizada; • Guiada por Ultrassonografia; • Minimamente Invasiva Multimodal; • Necrópsia Laparoscópica.
Documental	• Inquérito Profissional Civil. • Necrópsia Oral¹; • Necrópsia Sanitária Processual.

¹ O termo '*Necrópsia Oral*' não deve ser confundido com exames dentários *post-mortem*. Neste contexto, 'oral' refere-se à anamnese conduzida por médicos legistas ou a técnicas de investigação clínica aplicadas a familiares e amigos do falecido, sendo particularmente úteis em casos de necrópsia clínica destinados a um possível diagnóstico de doenças infecciosas, com a finalidade de minimizar o risco de contágio pelo contato."

Além da aplicação das técnicas, torna-se essencial entender os conceitos físicos que sustentam ambas as abordagens com o intuito de utilizar esses métodos com eficiência e para identificar as limitações que lhes são inerentes⁵.

RADIOGRAFIA ANTE-MORTEM E POST-MORTEM

A radiografia, um método de imagem essencial para visualizar o interior do corpo humano e de animais, utiliza raios X. Esses raios, um tipo de radiação eletromagnética, não podem ser vistos a olho nu. Ao passar pelo corpo, os raios X são absorvidos em diferentes graus devido às diferentes constituições histológicas dos diversos órgãos, o que causa variações na quantidade de radiação absorvida. Os tecidos que mais absorvem os raios X aparecem mais escuros nas imagens, enquanto os que absorvem menos aparecem mais claros. Por muito tempo, a radiografia tradicional foi a principal ferramenta de diagnóstico por imagem, amplamente utilizada tanto na medicina quanto na investigação forense⁷.

A radiografia, como ferramenta de diagnóstico, apresenta diferentes aplicações. Quando realizada em vida, chamamos de radiografia *ante-mortem*, serve para identificar doenças e guiar os tratamentos acompanhando, também, a evolução clínica dos

pacientes. Por outro lado, a radiografia *post-mortem* é feita após a morte, ajudando a descobrir o que causou o falecimento, encontrar lesões e até mesmo verificar se o indivíduo sofreu algum tipo de violência, incluindo se foi vítima de maus-tratos⁸.

Ainda hoje, a radiografia tradicional mantém-se como ferramenta de diagnóstico elementar, sendo frequentemente a primeira opção em muitos casos, considerando, também, a facilidade de aplicação dessa técnica e ao custo mais acessível. Adicionalmente ao auxílio no diagnóstico, a radiografia também é utilizada para monitorar o progresso de tratamentos e verificar o sucesso de novas terapias, confirmando seu papel como um instrumento diagnóstico versátil e adaptável⁵.

A equipe de radiologia do Instituto Médico Legal André Roquette, em Belo Horizonte (IMLAR/BH), por exemplo, adota uma rotina de "rastreamento radiológico" em casos de homicídio por arma de fogo, realizando tomadas radiográficas panorâmicas sequenciais em diferentes eixos do corpo para garantir a completa visualização dos projéteis. Esta abordagem sistemática, com a produção de radiografias em dois eixos de crânio, tórax, abdome e pelve, otimiza a localização dos projéteis, facilitando o trabalho do médico legista e do auxiliar de necropsia na construção do mapa de lesões e na subsequente análise pericial⁹.

Munro e Munro (2011)¹⁰ empregaram a radiografia como

ferramenta pericial na investigação das circunstâncias que envolveram a morte de seis texugos, localizados em áreas próximas e associados a indícios de tentativa de sepultamento. A radiografia demonstrou, de forma não invasiva, a presença de fragmentos de projétil balístico na região da cabeça dos animais. Este achado pericial foi relevante, pois indicava o uso de uma arma de fogo que, posteriormente, foi encontrada nas proximidades do local do crime. A colaboração da radiografia foi decisiva para elucidar a causa da morte, especialmente em conjunto com a observação de marcas de ligadura nos pescoços dos cadáveres, inferindo tentativa de ocultação dos cadáveres, além da constatação de múltiplos eventos lesivos¹¹.

Conforme apontam Bortolini et al. (2013), “O exame radiográfico, indubitavelmente, é uma importante ferramenta para auxiliar o médico veterinário no diagnóstico e na pesquisa de várias enfermidades, visto que sua relação custo-benefício o torna a primeira escolha como método complementar de diagnóstico por imagem”. Essa preferência justifica a ampla utilização da técnica, mesmo com o avanço de outras modalidades, ressaltando sua relevância e acessibilidade na rotina clínica e na investigação de diversas condições no âmbito forense¹².

Outra aplicação que evidencia a relevância da técnica radiológica foi o estudo de Heng et al. (2009) que investigaram as alterações radiográficas abdominais post-mortem em cães. Utilizando radiografias seriadas, os autores documentaram a progressiva acumulação de gás em órgãos abdominais e vasos sanguíneos ao longo de 24 horas após a eutanásia, com o objetivo de compreender a cronologia dessas alterações para estimar o intervalo post-mortem. Este estudo demonstrou a vantagem da radiografia post-mortem em “detectar mudanças que não poderiam ser facilmente vistas na necropsia tradicional”, revelando a progressiva acumulação de gás no trato gastrointestinal, fígado, baço, rins e vasos sanguíneos. A técnica permitiu observar detalhes como o início da acumulação de gás no trato gastrointestinal em 8 horas e a presença de gás na veia porta e veia cava caudal em 16 horas¹³.

A tomografia computadorizada (TC) vem se consolidando como técnica de escolha em relação às radiografias, principalmente devido à maior clareza das imagens. As tomografias oferecem detalhes mais nítidos quando comparadas aos raios-X tradicionais (2D), o que permite identificar problemas que poderiam não ser vistos nas radiografias, devido às mudanças na densidade dos tecidos ao longo do tempo¹⁴.

TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA POST-MORTEM (TCPM)

De modo geral, a Tomografia Computadorizada Multidetec-tores oferece a valiosa possibilidade de analisar múltiplos cortes do organismo, com a espessura milimétrica e/ou nanométrica, variando conforme o tipo do aparelho. Essa metodologia fornece

imagens em duas ou três dimensões, dispensando a necessidade de dissecação. Instituições de referência já estão adotando essa prática antes da necropsia tradicional, como demonstrado pelas Faculdades de Medicina das Universidades de Berna, Tóquio e São Paulo¹⁵.

Na medicina veterinária forense, a tomografia computadorizada (TC) é uma ferramenta de imagem incrivelmente valiosa tanto em animais vivos quanto em exames post-mortem, abrangendo diversas espécies, de carnívoros a herbívoros e aves, com a forma de realização variando conforme a espécie, o tamanho e a condição do animal¹⁴. A TC se destaca por gerar imagens em corte que eliminam a sobreposição de órgãos, permitindo uma melhor distinção dos tecidos moles¹⁵. Além de ser preponderante na identificação de causas de mortes não violentas, a TC demonstra grande utilidade em casos de trauma, particularmente em lesões que afetam o crânio e a face, e em ferimentos causados por projéteis de arma de fogo¹⁶.

Por meio da TCPM não contrastada, Franckenberg et al. (2015)¹⁷ visualizaram o orifício de entrada do projétil na região do pescoço, a dispersão de fragmentos metálicos nesta área e na parte superior do tórax, e a extensa destruição da coluna cervical com fraturas cominutivas e transecção da medula espinhal. A TCPM também identificou pneumatoceles pulmonares traumáticas, pneumotórax bilateral e um pequeno pneumomediastino. Adicionalmente, a angiotomografia computadorizada post-mortem revelou um grande hematoma em expansão no lado direito do tórax, estendendo-se até a quinta vértebra cervical, além da laceração de todas as artérias supra-aórticas e veias jugulares, com extravasamento considerável do meio de contraste. Essas observações, facilitadas pela TCPM, demonstraram a eficácia destas técnicas de imagem para documentar, de forma detalhada e minimamente invasiva, as lesões complexas resultantes de um ferimento de arma de fogo, elucidando a causa da morte sem a necessidade de uma necropsia tradicional invasiva¹⁷.

No caso de um linx baleado ilegalmente na Suíça, Thali et al. (2007)¹⁸ descreveram a investigação onde a radiografia convencional e a tomografia computadorizada 3D foram utilizadas. Os achados dos exames de imagem revelaram um total de três ferimentos transfixantes e um projétil ricocheteado e deformado alojado no membro anterior direito do animal. A TCPM 3D demonstrou ser superior à radiografia convencional na documentação e significância das lesões ósseas, permitindo uma reconstrução balística mais detalhada das lesões na omoplata esquerda e na coluna vertebral do linx¹⁸.

Na TCPM, a administração intravenosa rápida de substâncias densas, seguida pelo acompanhamento de sua distribuição pelo corpo, permite avaliar a vascularização dos tecidos e a integridade das barreiras cerebrais¹⁹. Em angiotomografias *post-mortem*, a escolha do contraste iodado pode considerar a solubilidade em diferentes líquidos. A permeabilidade vascular aumentada após a morte eleva o risco de extravasamento do

contraste. Neste contexto, contrastes altamente hidrossolúveis podem apresentar rápida dispersão, reduzindo o tempo de permanência intravascular. Em contrapartida, substâncias lipossolúveis, como o óleo de parafina ou o óleo diesel, tendem a minimizar essa perda por não se misturarem com o sangue residual nos vasos. Uma terceira opção é o polietilenoglicol (PEG), um líquido higroscópico que, devido à sua alta afinidade pela água, tende a permanecer nos vasos, embora tenda a absorver líquidos dos tecidos adjacentes, causando dissecação e aglutinação do sangue remanescente^{5,8}.

A angiografia utilizando óleo diesel como contraste, como demonstrado por Grabherr et al. (2006), pode ser integrada à TCPM para otimizar a visualização do sistema vascular sem a necessidade de dissecação. Os autores elaboraram um novo método utilizando um perfusato oleoso, óleo diesel, e um agente de contraste lipofílico, Lipiodol Ultra Fluide. A técnica envolve a perfusão do sistema vascular com o óleo diesel para estabelecer a circulação post-mortem, seguida pela injeção do agente de contraste para tornar os vasos visíveis por angiografia. A abordagem permite a visualização do sistema vascular até o nível dos vasos menores, tanto arteriais quanto venosos, com uma resolução comparável à angiografia clínica, até três dias após a morte²⁰.

NECRÓPSIA MINIMAMENTE INVASIVA GUIADA POR ULTRASSONOGRAFIA (ECOPSY)

Em 1955, Terry (apud THALI et al., 2009) conduziu um estudo chamado "Necropsia com Agulha", onde explorou os benefícios de usar agulhas para obter amostras de tecido de corpos, antes que as técnicas de imagem modernas existissem. Essa ideia inovadora destacou pontos importantes que ainda são válidos hoje, como o respeito às crenças religiosas e culturais das famílias em relação às autópsias tradicionais. Uma das vantagens mencionadas pelo autor foi a habilidade da necropsia pouco invasiva manter o corpo intacto após a morte¹⁴.

Atualmente, no cenário brasileiro, notamos um crescimento constante no número de pesquisas em Radiologia Forense e Imagenologia voltadas para a Medicina Veterinária. Um grupo de destaque nesse campo é o "Radiologia Forense e Imagenologia em Medicina Veterinária" da UNESP, na Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia de Botucatu. Criado em 2021, e com a chancela do CNPq, esse grupo explora o potencial de diversas técnicas de imagem para fins forenses em animais, tanto vivos quanto após a morte²¹.

Em um feito notável, um grupo de estudiosos da Universidade Federal do Ceará (UFC), do Centro Universitário Christus (UNICHRISTUS) e da Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ/CE) fez história em 27 de janeiro de 2021, ao efetuar a segunda necropsia minimamente invasiva (NMI) em solo brasileiro. Conduzida no Serviço de Verificação de Óbitos Dr. Rocha Furtado, em Fortaleza, Ceará, essa ação visou confirmar a eficácia da técnica

AMI no país, além de aprimorar a análise de falecimentos decorrentes de arboviroses no estado cearense. Dentro do escopo do projeto, peritos de Barcelona e São Paulo foram convidados a instruir sobre a técnica AMI²².

Já na Bahia, o time da Fiocruz Bahia e do Instituto Couto Maia executaram a primeira autópsia minimamente invasiva no estado em 2021. Voltada para um paciente com sequelas da Covid-19, essa autópsia buscou identificar a razão do falecimento e colher dados inerentes ao desenvolvimento da patologia. Com o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa da Bahia (FAPESB), do Programa Inova Fiocruz e do Instituto Couto Maia, os cientistas ambicionam habilitar outros médicos patologistas para conduzirem tal metodologia²³.

A ultrassonografia se sobressai como método de diagnóstico por harmonizar a perícia do operador, as condições do paciente e a tecnologia do aparelho²². Na medicina veterinária, a ultrassonografia é amplamente utilizada e desempenha um papel relevante na prática diária. Além de auxiliar no diagnóstico de doenças e no acompanhamento reprodutivo, serve para avaliar a gordura em carcaças com a finalidade de verificar a qualidade para comercialização e consumo, e para estudar problemas cerebrais em animais, especialmente devido ao envelhecimento e à manifestação de doenças degenerativas²⁴.

A coleta de amostras de tecidos guiada por ultrassom em cadáveres oferece vantagens notáveis, como agilidade em relação à necropsia comum. Isso é importante para análises urgentes após a morte, como no caso do fígado, que se degrada rapidamente. Ademais, essa técnica diminui o risco de contaminação⁸.

Uma grande vantagem do ultrassom é a sua segurança, tanto para os animais quanto para quem o manuseia. No âmbito forense, a necropsia pouco invasiva se mostra útil para investigar mortes violentas. Ela pode detectar lesões que não aparecem na necropsia tradicional, auxiliando na identificação da causa da morte e na busca pelo culpado. Além desses benefícios, essa técnica também preserva melhor o corpo e diminui os custos levando em consideração também que a manipulação da carcaça pode favorecer o comprometimento das vísceras devido à instalação dos processos autolíticos post-mortem, bem como distribuir contaminações entre diferentes regiões anatômicas²⁵.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta análise demonstra que a VetVirtopsy é um complemento útil à necropsia tradicional, oferecendo dados importantes para investigações forenses em casos de óbito animal²⁶. Diante do aumento das punições para crimes contra animais e da aceitação de exames de imagem post-mortem como prova, a necessidade de radiologistas veterinários em perícias médico-legais provavelmente aumentará. Nesses casos, esses especialistas são fundamentais, pois ajudam os tribunais a compreender as provas apresentadas.

Apesar de a imagem forense em animais vivos ter seme-

lhanças com a imagem clínica, seus propósitos são distintos. A identificação de lesões em diferentes fases de regeneração tecidual e um histórico clínico que não corresponde à lesão devem levantar suspeitas de maus-tratos não acidentais (MNA), o que exige do radiologista atenção redobrada e conhecimento das leis atuais. Com o aumento da exigência legal para que veterinários informem casos suspeitos de abuso, a responsabilidade ética dos radiologistas veterinários também se torna maior.

Ademais, frente à diminuição das necropsias veterinárias convencionais, a imagem post-mortem emerge como um recurso de valor inestimável, contribuindo para o aprimoramento da prática clínica na medicina veterinária. No entanto, a implementação generalizada da VetVirtopsy no Brasil ainda enfrenta desafios práticos. A necessidade de investimento em equipamentos de alta tecnologia, a capacitação de profissionais em técnicas específicas de imagem forense e a criação de protocolos padronizados para diferentes espécies e cenários de investigação são componentes indispensáveis para sua ampla adoção. Estudos como os de Massad (2017)⁵, Tremori *et al.* (2018)³ e Amaral *et al.* (2023)² representam contribuições significativas para a formação desses protocolos, demonstrando a aplicação e o potencial da radiologia forense na elucidação de casos de MNA e óbito animal. O desenvolvimento e a disseminação de diretrizes claras e baseadas em evidências científicas impulsionarão o uso da VetVirtopsy, consolidando seu papel como ferramenta essencial na Radiologia Veterinária Legal e no sistema de justiça animal no Brasil.

REFERÊNCIAS

- Thali MJ, Yen K, Schweitzer W, Vock P, Boesch C, Ozdoba C, Doernhoefer T. Virtopsy®, a new imaging horizon in forensic pathology: virtual autopsy by postmortem multislice computed tomography (MSCT) and magnetic resonance imaging (MRI) - a feasibility study. *J Forensic Sci.* 2003;48(2):386-403.
- Amaral JB, Tremori TM, Silva WL, Reis HMG. Perícias legal e forense no laboratório veterinário: Revisão. *Pubvet.* 2023;17(7):e1420.
- Tremori TM, Ribas LM, Massad MRR, Reis STJ, Pinto ACF, Rocha NS. Classificação comparada das lesões de ordem mecânica segundo a traumatologia forense no exame de corpo de delito em animais. *Rev Bras Criminalística.* 2018;1(2):20-5.
- Batista KAS, Mendes PF. A virtópsia como complemento da necropsia tradicional na medicina veterinária forense. *Pubvet.* 2022;16(7):1-13.
- Massad MMRR. Necropsia virtual em animais domésticos e silvestres: técnica alternativa e/ou complementar à necropsia convencional [tese de doutorado]. São Paulo: Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia; 2017.
- Santos ASF, Dias RS, Silva WL. The birth of legal radiological sciences in Brazil. *Res Soc Dev.* 2022;11(2):e59811226050.
- Bontrager KL, Lampignano JP. Tratado de técnica radiológica e anatomia associada. 10ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier; 2022.
- Ribas LM, et al. Necropsia virtual em animais. *Rev Acad Ciênc Anim.* 2016;14(2):145-55.
- Sá LL de, Lima LX de, Gonçalves DA, Freitas BLC. Radiologia forense: comparação entre os métodos de raios-x e tomografia computadorizada em casos de homicídio por arma de fogo. *Revista Criminalística e Medicina Legal.* 2021;6(1):39-45.
- Munro R, Munro H. Forensic veterinary medicine: 2. Post mortem investigation. In *Practice.* 2011;33(6):262-271.
- Vettorato MC, Fogaça JL, Trevisan AC, Rahal SC, Fernandes MAR. Principais aplicações da radiologia forense em medicina veterinária. In: 6ª Jornada Científica e Tecnológica da FATEC de Botucatu. 2017 Out 23-27; Botucatu, Brasil.
- Bortolini Z, Matayoshi PM, Santos RV, Doiche DP, Machado VMV, Teixeira CR, Vulcano LC. Casuística dos exames de diagnóstico por imagem na medicina de animais selvagens - 2009 a 2010. *Arq Bras Med Vet Zootec.* 2013;65(4):1247-52.
- Heng HG, Selvarajah GT, Lim HT, Ong JS, Lim J, Ooi JT. Serial postmortem abdominal radiographic findings in canine cadavers. *Forensic Sci Int.* 2009;192(1):43-7.
- Thali MJ, Dirnhofer R, Vock P. The virtopsy approach: 3D optical and radiological scanning and reconstruction in forensic medicine. 1ª ed. Florida, USA: CRC Press LLC; 2009.
- Robertson ID, Thrall D. Radiografia digital. In: Thrall DE. Diagnóstico de radiologia veterinária. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2022.
- Zerbini T. Estimativa do intervalo postmortem por análise de imagens tomográficas das hipóstases viscerais torácicas [tese de doutorado]. São Paulo: Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo; 2013.
- Franckenberg S, Kern F, Vogt M, Thali MJ, Flach PM. Fatal gunshot to a fox: The Virtopsy approach in a forensic veterinary case. *J Forensic Radiol Imaging.* 2015 Mar;3(1):72-5.
- Thali MJ, Kneubuehl BP, Bolliger SA, Christe A, Koenigsdorfer U, Ozdoba C, et al. Forensic veterinary radiology: Ballistic-radiological 3D computertomographic reconstruction of an illegal lynx shooting in Switzerland. *Forensic Sci Int.* 2007;171(1):63-66.
- D'Anjou M. Princípios da tomografia computadorizada e da ressonância magnética. In: Thrall DE. Diagnóstico de radiologia veterinária. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2022.
- Grabherr S, Djonov V, Friess A, Thali MJ, Ranner G, Vock P, et al. Postmortem Angiography After Vascular Perfusion with Diesel Oil and a Lipophilic Contrast Agent. *AJR Am J Roentgenol.* 2006;187(5):W515-23.
- Radiologia Forense e Imagenologia em Medicina Veterinária. Botucatu: Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP [Internet]. 2021 [acesso em 30 jun 2025]. Disponível em: <http://dgp.cnpq.br/dgp/espelhogrupo/493497>.
- Universidade Federal do Ceará. Pesquisadores da FAMED realizam primeira autópsia minimamente invasiva do Ceará [Internet]. 2021 [acesso em 30 jun 2025]. Disponível em: <https://www.>

medicina.ufc.br/2021/02/03/pesquisadores-da-famed-realizam-primeira-autopsia-minimamente-invasiva-do-ceara.

23. Fiocruz Bahia. Primeira necropsia minimamente invasiva da Bahia é realizada em projeto de Covid-19 [Internet]. 2021 [acesso em 30 jun 2025]. Disponível em: <https://www.bahia.fiocruz.br/primeira-necropsia-minimamente-invasiva-da-bahia-e-realizada-em-projeto-de-covid-19>.

24. Belotta AF, Machado VMV, Vulcano LC. Diagnóstico da hidro-

cefalia em animais pela ultrassonografia, tomografia computadorizada e ressonância magnética. Vet Zootec. 2013;20(1):19-27.

25. Sales RO, Braga PS, Braga Filho CT. Importância da ultrassonografia na medicina veterinária: Ensino. Rev Bras Hig Sanid Anim. 2019;13(2):185-92.

26. Flückiger K, Richter H, Hilbe M, Martinez HS, Kircher PR, Geisbühler U et al. VetVirtopsy by CT and MRI—Complementing conventional necropsy. Forensic Imaging. 2022;200517.



INTERFERENTES NA ANÁLISE QUÍMICA DE RESÍDUOS PÓS-EXPLOÇÃO

Lúcio Paulo Lima Logrado *

Instituto Nacional de Criminalística, Polícia Federal, Brasília, DF, Brasil

INTERFERENCES IN THE CHEMICAL ANALYSIS OF POST-BLAST RESIDUES

RESUMO

A análise de resíduos pós-explosão é essencial em investigações forenses, sendo os interferentes um dos principais desafios analíticos. Neste trabalho, discutimos três fontes de interferência: (i) materiais de coleta e preparo de amostras, que podem introduzir íons indesejados e contaminantes orgânicos; (ii) cédulas, que também apresentam íons-alvo e são comumente analisadas em casos de explosões em caixas eletrônicos; e (iii) materiais carbonáceos, comuns neste contexto, que podem reter analitos de interesse e dificultar sua detecção. Esta revisão representa um compilado dos principais interferentes com base em estudos realizados por CG-EM e CI-DC em análises de resíduos pós-explosão, inspirados em dificuldades enfrentadas em casos reais analisados no Instituto Nacional de Criminalística da Polícia Federal do Brasil.

PALAVRAS-CHAVE: Explosivos. Interferentes. Cromatografia Gasosa-Espectrometria de Massas (CG-EM). Cromatografia Iônica (CI).

ABSTRACT

Post-blast residue analysis is essential in forensic investigations of crimes involving the use of explosives, with interferences being one of the main analytical challenges. In this work, we discuss three sources of interference: (i) sample collection and preparation materials, which can introduce unwanted ions and organic contaminants; (ii) banknotes, which also contain ions that can interfere with the analysis of target analytes and are commonly analyzed in ATM explosion cases; and (iii) carbonaceous materials, common in this context, which can retain analytes of interest and hinder their detection. This review presents a concise overview of the main interferences based on studies using GC-MS and IC-CD in post-blast residue analysis, inspired by challenges encountered in real forensic cases investigated at the National Institute of Criminalistics of the Brazilian Federal Police.

KEYWORDS: Explosives. Interferents. Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS). Ion Chromatography (IC).

* lucio.lpl@pf.gov.br

INTRODUÇÃO

Explosivos são utilizados legalmente no Brasil e no mundo em diversas atividades, incluindo operações militares, policiais, mineração, prospecção de petróleo, demolições e explosões controladas, construção de rodovias ou ferrovias, fogos de artifício, uso industrial (setores aeronáutico e automotivo), soldagem, entre outros. Por outro lado, o uso ilegal de explosivos no Brasil também é uma realidade, sendo empregados em atos de terrorismo, extorsão, vandalismo, pesca predatória, arrombamentos e roubos¹.

Os explosivos podem ser classificados de várias formas, incluindo composição química, velocidade de reação, sensibilidade e uso pretendido. No contexto das análises químicas, uma classificação chave baseada na natureza química divide os explosivos em dois grandes grupos: i) compostos explosivos individuais, tipicamente substâncias orgânicas, como nitroaromáticos, nitraminas, nitroésteres, nitroalifáticos e peróxidos; e ii) misturas explosivas combustível-oxidante que consistem em combustíveis como enxofre, carbono, metais em pó (e.g. Al, Mg), óleos combustíveis, vaselina e açúcares, combinados com sais inorgânicos, como nitratos, cloratos e percloratos, que atuam como agentes oxidantes. Em alguns países, como o Brasil, uma parte significativa dos crimes envolvendo explosivos está relacionada a esta última categoria, sendo dispositivos explosivos improvisados (IEDs) comumente baseados em misturas combustível-oxidante, incluindo pólvora negra, emulsões explosivas e misturas contendo sais de clorato e/ou perclorato².

A química forense desempenha um papel significativo na investigação de crimes envolvendo explosivos, entre outras áreas da ciência forense. A determinação da composição química dos componentes explosivos é de extrema importância, uma vez que impacta diversos aspectos da persecução penal. Essa análise auxilia na diferenciação entre crimes e acidentes, estabelece conexões entre cenas de crime, objetos e suspeitos, além de fornecer informações valiosas sobre os tipos de explosivos mais utilizados em ações criminosas em uma determinada região ao longo do tempo³.

A análise de explosivos intactos (pré-explosão) ou de partículas remanescentes não reagidas após uma explosão geralmente é menos complexa em termos de quantidade de amostra, permitindo a aplicação de diversas técnicas analíticas para identificar os componentes dos explosivos², como Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR)⁴⁻⁸, Espectroscopia Raman⁹⁻¹⁸, Cromatografia Iônica (CI)^{3,19-26}, Cromatografia Gasosa acoplada à Espectrometria de Massas (CG-EM)^{3,7,27-29}, Difração de Raios X (DRX)³⁰⁻³³, Microscopia Eletrônica de Varredura com Espectroscopia de Energia Dispersiva de Raios X (MEV-EDS)^{8,34} e Espectroscopia de Emissão por Plasma Induzido por Laser (LIBS)^{35,36}.

Em contraste, a análise de resíduos pós-explosão apresenta desafios significativos, uma vez que, em geral, explosivos

intactos não estão presentes em quantidades visíveis, limitando as opções analíticas a, principalmente, técnicas cromatográficas e/ou eletroforéticas. Nesses casos, as principais dificuldades incluem quantidade limitada de amostra e baixas concentrações dos compostos de interesse, aumentando, consequentemente, a necessidade de técnicas analíticas altamente sensíveis, bem como a preocupação com a presença de diversos interferentes^{1,25,37-39}. Esses interferentes podem ser originados de diferentes fontes, incluindo materiais utilizados para coleta e preparo de amostras, matrizes diversas, como, por exemplo, cédulas (comumente encontradas em locais de explosões de caixas eletrônicas no Brasil) e substâncias carbonáceas, comum em materiais coletados em local de explosão. A presença de íons, compostos orgânicos e contaminantes diversos provenientes desses materiais pode resultar em falsos positivos ou negativos, dificultando a identificação precisa dos resíduos explosivos.

Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo compilar achados sobre potenciais fontes de interferência, bem como as medidas propostas para minimizá-las, baseando-se em estudos prévios, garantindo a confiabilidade dos resultados analíticos. Esta revisão sintetiza, em um único artigo, as dificuldades observadas ao longo de vários anos de análises de explosivos e resíduos pós-explosão, bem como de casos provenientes de diferentes estados do Brasil, oferecendo uma referência prática para peritos criminais que atuam em cenas de crime envolvendo explosivos e na análise química de seus resíduos.

METODOLOGIA

O presente estudo consiste em um conjunto de dados obtidos por meio da compilação crítica de estudos conduzidos pelo Instituto Nacional de Criminalística (INC), incluindo algumas parcerias com a Universidade de Brasília (UnB), e complementado pela análise de casos representativos de resíduos pós-explosão no contexto brasileiro. Quanto aos tipos de interferentes abordados, foram considerados estudos publicados entre os anos de 2019 e 2025, especialmente relacionados a explosivos comumente empregados em ações criminosas no Brasil¹. Os critérios de seleção dos dados incluíram artigos que abordassem técnicas instrumentais comumente utilizadas neste tipo de análise, como a Cromatografia Iônica com Detecção por Condutividade (CI-DC) e a Cromatografia Gasosa acoplada à Espectrometria de Massas (CG-EM), cujas descrições detalhadas podem ser consultadas nos estudos originais referenciados.

INTERFERENTES NA ANÁLISE DE EXPLOSIVOS E RESÍDUOS PÓS-EXPLOSÃO

A preocupação com a presença de interferentes torna-se especialmente relevante em situações nas quais há escassez ou ausência de partículas visíveis de explosivos — condição frequentemente observada nas análises de resíduos pós-explosão

e na busca por traços de explosivos em análises comparativas destinadas a estabelecer associações entre indivíduos, objetos ou locais. Nesses contextos, a reduzida quantidade de material disponível e a elevada complexidade das matrizes aumentam o risco de interferências que podem comprometer a interpretação analítica^{1,25,37-39}. Por outro lado, nas análises de explosivos intactos (pré-explosão) ou de partículas residuais não reagidas, o impacto de interferentes tende a ser reduzido, uma vez que a maior disponibilidade e homogeneidade das amostras favorecem a detecção e a caracterização precisa dos constituintes por meio de diferentes técnicas instrumentais. Visando ilustrar um exem-

plo comum deste tipo de caso, a Figura 1 apresenta resultados típicos obtidos para emulsões explosivas quando há material suficiente para análises por FTIR (inferior) e Raman (superior), nos quais se buscam componentes originais do explosivo. Na análise por FTIR, as bandas mais características correspondem ao NH_4NO_3 em 3232 cm^{-1} , 3066 cm^{-1} , 1753 cm^{-1} , 1405 cm^{-1} , 1308 cm^{-1} , 1041 cm^{-1} , 826 cm^{-1} e 714 cm^{-1} , além de hidrocarbonetos em 2917 cm^{-1} e 2848 cm^{-1} . Já o espectro Raman evidencia, predominantemente, duas bandas características do NH_4NO_3 , localizadas em 1044 cm^{-1} e 712 cm^{-1} ³⁹.

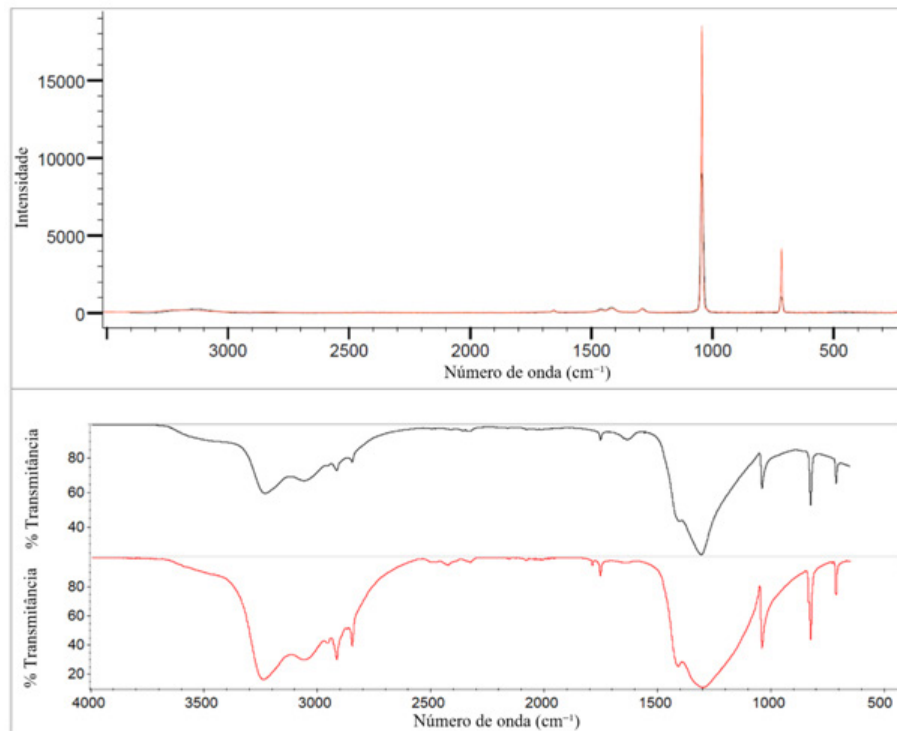


Figura 1 - Resultados típicos obtidos por Raman (acima) e FTIR (abaixo) a partir de uma amostra de emulsão explosiva (em preto), comparados com os espectros padrão (em vermelho)³⁹.

Nas análises por Cromatografia Iônica (CI) dos casos que envolvem resíduos pós-explosão, sem a presença de partículas de explosivos não reagidas visíveis, especificamente no caso de explosivos a base de sais inorgânicos, o objetivo analítico não se limita à identificação dos íons originalmente presentes na formulação do explosivo, mas engloba, também,

os íons associados aos produtos principais e subprodutos formados durante a explosão. A interpretação baseia-se na análise do perfil completo dos íons-alvo, e não na avaliação isolada de cada íon¹. A Tabela 1 ilustra alguns dos íons-alvo de explosivos comumente utilizados em ações criminosas no Brasil³.

Tabela 1 - Misturas explosivas comuns e principais íons-alvo em seus resíduos pós-explosão (Logrado, Braga e Laboissiere, 2023)³.

Explosivos	Composição	Principais íons-alvo na análise de resíduos pós-explosão
Pólvora <i>flash</i>	KClO_4 , Al	Cl^- , ClO_4^- , ClO_3^- , K^+
Pólvora negra	KNO_3 , C, S	SO_4^{2-} , NO_2^- , NO_3^- , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, SCN^- , OCN^- , K^+
Emulsão explosiva	NH_4NO_3 , hidrocarbonetos	NH_4^+ , Na^+ , NO_3^-

A Figura 2 apresenta resultados obtidos por Cromatografia Iônica com Detecção por Condutividade (CI-DC)³⁷ a partir de extratos de resíduos pós-explosão dos explosivos apresentados na Tabela 1. A Figura 3, por sua vez, mostra os

resultados obtidos por CG-EM para a identificação de compostos da fase orgânica de emulsões explosivas, incluindo n-alcenos de C23 a C34, cuja detecção é frequentemente possível tanto em situações pré- quanto pós-explosão³⁹.

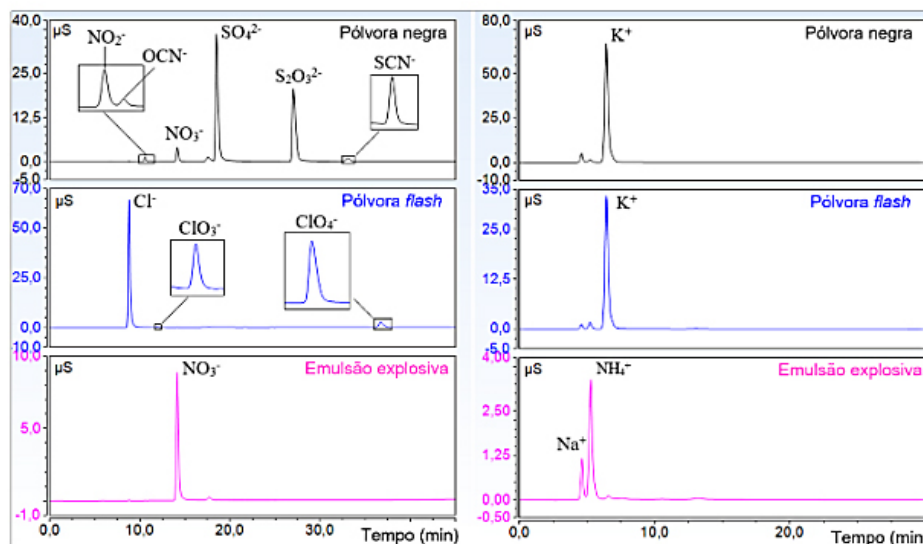


Figura 2 - Cromatogramas iônicos de ânions (esquerda) e cátions (direita) de interesse na análise de resíduos pós-explosão de pólvora negra (em preto), pólvora flash (em azul) e emulsão explosiva (em rosa)³⁷.

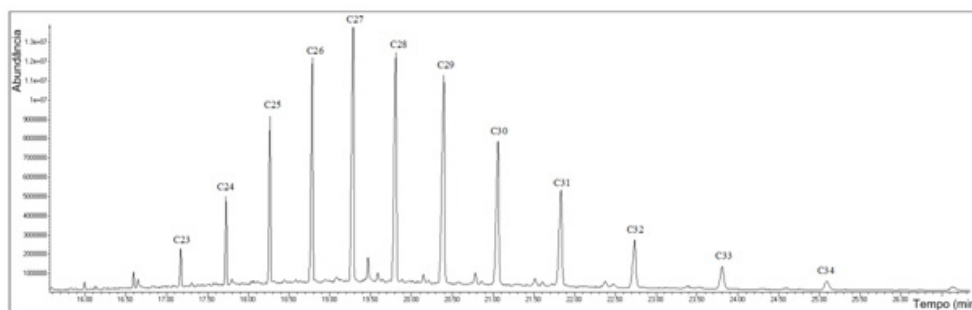


Figura 3 - Cromatograma do extrato em n-hexano de emulsão explosiva, evidenciando a identificação de uma mistura de n-alcenos (C23–C34)³⁹.

Como alguns dos analitos de interesse nesses casos também estão presentes em diversos outros materiais, compreender de que forma isso pode afetar a interpretação dos resultados, bem como conhecer as principais fontes de interferência, é fundamental para minimizar a introdução de interferentes evitáveis e assegurar maior confiabilidade às conclusões analíticas. A seguir, serão apresentados achados obtidos em estudos que investigaram as principais fontes de interferência em análises de resíduos pós-explosão, incluindo materiais utilizados na coleta e no preparo de amostras, uma matriz particularmente relevante no contexto brasileiro - as cédulas - e substâncias carbonáceas, comumente encontradas em locais pós-explosão.

Interferentes inorgânicos em materiais utilizados em coleta e preparo de amostras para análises por cromatografia iônica

Mauricio (2020)²⁵ avaliou a presença de interferentes em materiais de coleta e preparo de amostras comumente utilizados na análise química de resíduos pós-explosão por Cromatografia Iônica (CI). Amostras de suabes forenses, hastes de algodão comuns, discos/bolas de algodões e filtros de seringa de diversas marcas foram avaliadas quanto à presença de íons de interesse. Dos 15 materiais testados, apenas dois filtros de seringa foram considerados isentos de interferentes. Os suabes forenses e dois dos filtros apresentaram

concentrações significativas de alguns íons, incluindo analitos de interesse no contexto aqui abordado, como, por exemplo, Na^+ , K^+ , Cl^- e SO_4^{2-} . Adicionalmente, materiais comerciais comuns, como hastes de algodão, bolas de algodão e discos de algodão, frequentemente utilizados em coletas deste tipo de material, revelaram concentrações consideráveis de Na^+ , K^+ , Cl^- , NO_3^- e SO_4^{2-} . A presença destes íons dificulta a interpretação dos resultados, já que alguns deles são bastante relevantes no contexto em tela, conforme discutido no trabalho. Para avaliar a mitigação desses efeitos por meio de lavagens com água, os materiais foram submetidos a múltiplos ciclos de lavagem. No caso dos suabes e algodões, cada material foi submetido a 4 ciclos de extrações em tubo de ensaio contendo 3 mL de água ultrapura com agitação por 30 segundos em vórtex; para os filtros de seringa, 10 mL de água ultrapura foram passados pelo filtro de 0,45 μm , também em 4 ciclos. Após análises por CI de cada uma das soluções obtidas em cada ciclo, os resultados mostraram que a maioria dos materiais tornou-se adequada para uso após o terceiro ciclo de lavagem, embora alguns materiais tenham apresentado alteração de forma ou compactação, aspecto que deve ser considerado como uma possível limitação. Este procedimento permite que materiais comuns e de fácil acesso possam ser empregados com segurança em análises forenses, desde que previamente preparados. Os resultados reforçam a necessidade de uma análise prévia dos materiais de coleta/amostragem, bem como a importância da utilização de brancos autênticos, visando minimizar o risco de falsos positivos e assegurar maior confiabilidade nos resultados analíticos.

Interferentes orgânicos em materiais utilizados em coleta e preparo de amostras em análises por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas

O estudo realizado por Logrado e Braga (2025)³⁹, versando ainda sobre a coleta e preparo de amostras de resíduos pós-explosão, incluindo extração, filtração e manuseio, avaliou a presença de interferentes orgânicos em materiais de coleta e laboratoriais visando análises por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG-EM). Diversos itens, incluindo filmes plásticos, tampas de frascos, luvas descartáveis, seringas, suabes, copos descartáveis, tubos plásticos e pipetas descartáveis, foram avaliados. Os resultados revelaram que alguns materiais, em especial êmbolos de seringas, luvas e filmes plásticos, apresentaram interferentes orgânicos que podem comprometer as análises de resíduos pós-explosão, particularmente de emulsões explosivas e ANFO (nitrato de amônio/óleo combustível). Nos resultados obtidos para os êmbolos de seringa, foram detectados sinais abrangendo uma longa faixa de interesse no cromatograma, podendo mascarar a presença de analitos de interesse em baixas concentrações e dificultar a interpretação dos resulta-

dos gerando falsos negativos, além da presença de n-alcanos C20–C25 que podem levar a falsos positivos relativos à identificação da fase orgânica de emulsões explosivas. Em algumas das luvas descartáveis testadas foram observados interferentes semelhantes, embora com intensidade menor, podendo, em teoria, levar a falsos negativos; contudo, simulações de manipulação de suabes úmidos indicaram baixa transferência desses compostos. Adicionalmente, os resultados obtidos na avaliação de alguns dos filmes plásticos e de algumas das luvas testados, revelaram a presença de misturas de hidrocarbonetos C23–C34 que se assemelham aos encontrados em emulsões explosivas, mostrando alto potencial para gerar falsos positivos, especialmente quando materiais úmidos são manipulados e extraídos. Estes achados destacam, novamente, a importância de selecionar criteriosamente os materiais utilizados em coletas e preparos laboratoriais para evitar contaminação das amostras. A realização de análises em branco mostrou-se fundamental para prevenir falsos positivos, mas, além disso, a avaliação prévia desses materiais se mostrou crucial para evitar resultados inconclusivos, principalmente em casos de escassez de amostras, nos quais a reanálise dos materiais pode não ser possível. Embora o foco tenha sido em emulsões explosivas e ANFO, os resultados sugerem que essa precaução deve ser estendida para outras misturas explosivas que envolvam hidrocarbonetos em baixas concentrações ou até mesmo na análise de resíduos de líquidos inflamáveis em resíduos de incêndio³⁹.

Interferentes inorgânicos em cédulas (uma matriz comum em casos de explosão de caixas eletrônicos) nas análises por cromatografia iônica

Cédulas são frequentemente submetidas a análises químicas em laboratórios forenses para a detecção de resíduos pós-explosão no Brasil. Essa matriz apresenta desafios únicos devido à presença de analitos alvo provenientes, não apenas da alta circulação, característica deste tipo de material, mas, também, do processo de fabricação, bem como devido à ausência de amostras controle para comparação, comum neste tipo de ocorrência. Além de sua relevância em ataques contra caixas eletrônicos (ATMs), as cédulas são de grande interesse quando apreendidas com indivíduos suspeitos, em veículos ou em locais específicos, podendo fornecer evidências valiosas para estabelecer conexão com cenas de crime. Visando avaliar a influência dessa matriz nas análises de resíduos pós-explosão por cromatografia iônica (CI), Logrado, Braga e Laboissiere (2023)³⁸ realizaram um estudo no qual analisaram 166 cédulas de real, incluindo dez cédulas novas e 15 em circulação para cada denominação (R\$ 2, R\$ 5, R\$ 10, R\$ 20, R\$ 50 e R\$ 100), além de 16 cédulas de R\$ 100 apreendidas em um caso de roubo a banco envolvendo explosivos. As cédulas novas foram obtidas na agência do

Banco do Brasil do Banco Central, enquanto as em circulação foram coletadas aleatoriamente em pedágios e estabelecimentos comerciais no Brasil. As cédulas apreendidas foram obtidas por meio de uma ação da Polícia Federal. Os resultados revelaram a presença de diversos íons de interesse, tais quais Na^+ , K^+ , Cl^- , NO_3^- e SO_4^{2-} , alguns em concentrações significativas, mesmo em cédulas que nunca haviam circulado, indicando alto potencial de interferência em análises, por exemplo, de resíduos pós-explosão de pólvora negra, nas quais se busca pelos íons K^+ , NO_3^- e SO_4^{2-} , entre outros, bem como de pólvora flash, em que os íons K^+ e Cl^- compõe o perfil iônico característico, juntamente com outros íons. A análise quimiométrica por análise de componentes principais (PCA) revelou uma clara separação entre cédulas novas de diferentes valores, enquanto essa distinção não foi observada em cédulas circulantes devido à variação natural dos analitos. Além disso, a abordagem sugere potencial para identificação de resíduos pós-explosão em cédulas, na ausência de partículas visíveis de explosivos. Todavia, estudos complementares são necessários para essa aplicação. Adicionalmente, foi observada a ausência de íons-alvo altamente relevantes, como clorito (ClO_2^-), clorato (ClO_3^-), perclorato (ClO_4^-), tiosulfato ($\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$), tiocianato (SCN^-) e cianato (OCN^-), cuja presença em casos reais poderia indicar contato com resíduos pós-explosão. Estes achados destacam, também, a importância de priorizar materiais alternativos com menor suscetibilidade a interferentes sempre que possível, facilitando a interpretação dos resultados laboratoriais³⁸.

Interferência por adsorção de analitos por substâncias carbonáceas presentes em materiais provenientes de locais pós-explosão nas análises por cromatografia iônica

Outro tipo de interferência foi investigado por Logrado (2025) que estudou a influência de materiais carbonáceos, por adsorção, na extração e análise de resíduos pós-explosão por Cromatografia Iônica (CI)³⁷. Além dos analitos de interesse derivados do explosivo original e de seus produtos de reação, outros resíduos também podem estar presentes nos materiais coletados para análise laboratorial. Entre eles, destacam-se materiais carbonáceos, como fuligem e resíduos carbonizados, formados pelos efeitos térmicos da explosão ou por incêndios a ela associados. Materiais carbonáceos são conhecidos por sua elevada capacidade de adsorção, o que os torna eficazes na retenção de íons. Assim, essa propriedade pode interferir na análise de resíduos pós-explosão, especialmente quando os íons de interesse estão em baixas concentrações, reduzindo os sinais analíticos e dificultando a identificação precisa do explosivo. Visando avaliar este tipo de interferência, foram avaliados três materiais adsorventes — carvão ativado, resíduo de papel carbonizado e carvão vegetal — em relação à sua capacidade de retenção

de íons inorgânicos comumente encontrados em resíduos de combustão/explosão de explosivos, tais quais pólvora negra, pólvora flash à base de perclorato de potássio e alumínio metálico e emulsões explosivas. Os íons analisados incluíram Cl^- , NO_2^- , OCN^- , ClO_3^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, SCN^- , ClO_4^- , K^+ , NH_4^+ e Na^+ . Os resultados demonstraram efeitos de retenção específicos para determinados íons de interesse, variando de acordo com o tipo e a quantidade de adsorvente. Experimentos adicionais comparando extrações aquosas à temperatura ambiente e sob aquecimento (90°C) mostraram que o aumento de temperatura não representa uma solução consistente para superar os fenômenos de adsorção. Esses resultados destacam o risco de falsos negativos ou subestimação de analitos devido à presença de resíduos carbonáceos, frequentemente encontrados em amostras pós-explosão³⁷. O estudo ressaltou a importância de considerar a interferência por adsorção ao selecionar partes de amostra para análise, priorizando regiões com menor conteúdo de material carbonáceo, uma vez que explosões frequentemente geram diversos vestígios, incluindo fragmentos de plástico, metal e papel de dispositivos explosivos improvisados (IEDs) ou de objetos afetados, assim como solo, roupas e cédulas, bem como suabs e peças de algodão impregnados com resíduos. Isso permite a coleta de múltiplos materiais, aumentando a probabilidade de obter resultados mais claros e precisos. Embora o foco desse estudo tenha sido em espécies inorgânicas, a reconhecida capacidade dos materiais carbonáceos em adsorver compostos orgânicos sugere que interferências similares podem ocorrer na análise de explosivos orgânicos ou aditivos. Esses achados se estendem para além da CI, sendo relevantes para qualquer técnica analítica que dependa de extrações aquosas em amostras pós-explosão. Os dados reforçam a necessidade de uma avaliação crítica das estratégias de amostragem e procedimentos de extração em análises forenses de resíduos explosivos, garantindo a seleção criteriosa de áreas de amostragem e a compreensão dos materiais presentes para mitigar artefatos analíticos e melhorar a confiabilidade dos resultados³⁷. Adicionalmente, é importante destacar que a interferência por materiais carbonáceos também constitui um aspecto relevante em outra área significativa da química forense: a análise de resíduos de incêndio, tema abordado em trabalho de Logrado e Braga (2025)⁴⁰.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um dos maiores fatores complicadores na análise de resíduos pós-explosão, especialmente nos casos de misturas combustível-oxidante, é a presença comum de variados tipos de interferentes provenientes de diversas origens, causando diferentes efeitos, tais como: inclusão de analitos-alvo nas amostras, mascaramento de sinais de interesse ou redução do sinal analítico. Dentre as principais fontes de interferência

estão os materiais de coleta e preparo de amostras, matrizes e materiais adsorventes. Estudos que visam entender melhor a origem e os efeitos de potenciais interferentes, bem como formas de minimizá-los, são de extrema importância para analistas que atuam nessa área tão relevante da química forense. Informações, como as constantes nos estudos aqui tratados, contribuem consideravelmente para a facilitação da interpretação dos resultados obtidos, objetivando minimizar chances de falsos positivos, falsos negativos ou subestimação de analitos que possam impactar diretamente os resultados das investigações forenses.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Instituto Nacional de Criminalística – Polícia Federal do Brasil (INC-PF), onde os estudos foram conduzidos.

REFERÊNCIAS

1. Logrado LPL, Silva MN, Laboissiere JCA, Braga JWB. Profile of explosives' use in ATMs/cash safes robberies in Brazil. *J Forensic Sci.* 2022;67(4):1441–1449.
2. Logrado LPL, Braga JW. Bulk explosive investigation: chemical analyses of fuel-oxidizer explosive mixtures commonly used in criminal actions. *Braz J Anal Chem.* 2025;12(47).
3. Logrado LPL, Braga JWB. Long-term storage for reanalysis purposes: A stability study of extracts from post-explosion/burning residues of fuel-oxidizer explosive mixtures. *Forensic Chemistry.* 2024;39:100583.
4. Martín-Alberca C, Zapata F, Carrascosa H, Ortega-Ojeda FE, García-Ruiz C. Study of consumer fireworks post-blast residues by ATR-FTIR. *Talanta.* 2016;149:257–65.
5. D'Uva JA, DeTata D, Lewis SW. Source determination of homemade ammonium nitrate using ATR-FTIR spectroscopy, trace elemental analysis and chemometrics. *Forensic Chemistry.* 2022;28:100411.
6. Suppajariyawat P, Elie M, Baron M, Gonzalez-Rodriguez J. Classification of ANFO samples based on their fuel composition by GC–MS and FTIR combined with chemometrics. *Forensic Sci Int.* 2019;301:415–25.
7. Sharma SP, Lahiri SC. Characterization and Identification of Explosives and Explosive Residues Using GC-MS, an FTIR Microscope, and HPTLC. *Journal of Energetic Materials.* 2005;23(4):239–64.
8. Castro K, de Vallejuelo SF, Astondoa I, Goñi FM, Madariaga JM. Analysis of confiscated fireworks using Raman spectroscopy assisted with SEM-EDS and FTIR. *Journal of Raman Spectroscopy.* 2011;42(11):2000–5.
9. Wackerbarth H, Salb C, Gundrum L, Niederkrüger M, Christou K, Beushausen V, et al. Detection of explosives based on surface-enhanced Raman spectroscopy. Lewis C, Burgess D, editors. *Appl Opt.* 2010;49(23):4362.
10. Otieno-Alego V. Some forensic applications of a combined micro-Raman and scanning electron microscopy system. *Journal of Raman Spectroscopy.* 2009;40(8):948–53.
11. Malka I, Petrushansky A, Rosenwaks S, Bar I. Detection of explosives and latent fingerprint residues utilizing laser pointer-based Raman spectroscopy. *Applied Physics B.* 2013;113(4):511–8.
12. Almaviva S, Botti S, Cantarini L, Palucci A, Puiu A, Rufoloni A, et al. Trace detection of explosives and their precursors by surface enhanced Raman spectroscopy. Lewis C, Burgess D, editors. *Talanta.* 2012;78(3):854602.
13. Zapata F, García-Ruiz C. Determination of Nanogram Microparticles from Explosives after Real Open-Air Explosions by Confocal Raman Microscopy. *Anal Chem.* 2016;88(13):6726–33.
14. Almeida MR, Correa DN, Zacca JJ, Logrado LPL, Poppi RJ. Detection of explosives on the surface of banknotes by Raman hyperspectral imaging and independent component analysis. *Anal Chim Acta.* 2015;860:15–22.
15. Nuntawong N, Eiamchai P, Limwichean S, Wong-ek B, Horprathum M, Patthanasettakul V, et al. Trace detection of perchlorate in industrial-grade emulsion explosive with portable surface-enhanced Raman spectroscopy. *Forensic Sci Int.* 2013;233:174–8.
16. Almeida MR, Logrado LPL, Zacca JJ, Correa DN, Poppi RJ. Raman hyperspectral imaging in conjunction with independent component analysis as a forensic tool for explosive analysis: The case of an ATM explosion. *Talanta.* 2017;174:628–32.
17. Zapata F, de la Ossa MÁF, Gilchrist E, Barron L, García-Ruiz C. Progressing the analysis of Improvised Explosive Devices: Comparative study for trace detection of explosive residues in handprints by Raman spectroscopy and liquid chromatography. *Talanta.* 2016;161:219–27.
18. Logrado LPL, Miguel Ferreira da Silva B, Amaro da Silveira Neto B. Assessment of handheld Raman spectroscopy for forensic analysis of dark-colored bulk explosive fuel–oxidizer mixtures. *J Forensic Sci.* 2025;70(4):1509–1520.
19. Barron L, Gilchrist E. Ion chromatography-mass spectrometry: A review of recent technologies and applications in forensic and environmental explosives analysis. *Anal Chim Acta.* 2014;806:27–54.
20. McCord BR, Hargadon KA, Hall KE, Burmeister SG. Forensic analysis of explosives using ion chromatographic methods. *Anal Chim Acta.* 1994;288:43–56.
21. Johns C, Shellie RA, Potter OG, O'Reilly JW, Hutchinson JP, Guijt RM, et al. Identification of homemade inorganic explosives by ion chromatographic analysis of post-blast residues. *J Chromatogr A.* 2008;1182(2):205–14.
22. Dicinoski GW, Shellie RA, Haddad PR. Forensic Identification of Inorganic Explosives by Ion Chromatography. *Anal Lett.* 2006;39(4):639–57.
23. Kolla P. Trace analysis of salt based explosives by ion chromatography. *Forensic Sci Int.* 1991;50(2):217–26.
24. Meng H, Wang T, Guo B, Hashi Y, Guo C, Lin J. Simultaneous determination of inorganic anions and cations in explosive residues by ion chromatography. *Talanta.* 2008;76(2):241–5.

25. Mauricio FGM, Abritta VRM, de Lacerda Aquino R, Ambrósio JCL, Logrado LPL, Weber IT. Evaluation of interferers in sampling materials used in explosive residue analysis by ion chromatography. *Forensic Sci Int.* 2020;307:109908.
26. Szomborg K, Jongekrijg F, Gilchrist E, Webb T, Wood D, Barron L. Residues from low-order energetic materials: The comparative performance of a range of sampling approaches prior to analysis by ion chromatography. *Forensic Sci Int.* 2013;233:55–62.
27. Gregory KE, Kunz RR, Hardy DE, Fountain AW, Ostazeski SA. Quantitative Comparison of Trace Organonitrate Explosives Detection by GC-MS and GC-ECD2 Methods with Emphasis on Sensitivity. *J Chromatogr Sci.* 2011;49(1):1–7.
28. Sigman M, Ma CY. Detection Limits for GC/MS Analysis of Organic Explosives. *J Forensic Sci.* 2001;46(1):6–11.
29. Lai H, Leung A, Magee M, Almirall JR. Identification of volatile chemical signatures from plastic explosives by SPME-GC/MS and detection by ion mobility spectrometry. *Anal Bioanal Chem.* 2010;396(8):2997–3007.
30. Greenberg, JA, Carpenter, J. X-Ray Diffraction for Explosives Detection. In: Kagan, A, Oxley, JC. *Counterterrorist Detection Techniques of Explosives*. 2. ed. Amsterdam: Elsevier; 2022. p. 315–338.
31. Bowlan P, Suvorova N, Remelius D, Smilowitz L, Henson BF. Tracking Thermal Decomposition Chemistry in Secondary Solid Explosives with X-ray Diffraction. *J Phys Chem A.* 2022;126(27):4497–506.
32. Kashkarov AO, Prueel ER, Ten KA, Rubtsov IA, Gerasimov EY, Zubkov PI. Transmission electron microscopy and x-ray diffraction studies of the detonation soot of high explosives. *J Phys Conf Ser.* 2016;774:012072.
33. Schachel TD, Stork A, Schulte-Ladbeck R, Vielhaber T, Karst U. Identification and differentiation of commercial and military explosives via high performance liquid chromatography – high resolution mass spectrometry (HPLC-HRMS), X-ray diffractometry (XRD) and X-ray fluorescence spectroscopy (XRF): Towards a forensic substance database on explosives. *Forensic Sci Int.* 2020;308:110180.
34. Kotrly M, Turkova I. New Possibilities of Complex Analysis of Explosives and Post Blast Residues in Forensic Practice. *Microscopy and Microanalysis.* 2020;26(S2):816–7.
35. Gottfried JL, De Lucia FC, Munson CA, Miziolek AW. Laser-induced breakdown spectroscopy for detection of explosives residues: a review of recent advances, challenges, and future prospects. *Anal Bioanal Chem.* 2009;395(2):283–300.
36. Serrano J, Moros J, Sánchez C, Macías J, Laserna JJ. Advanced recognition of explosives in traces on polymer surfaces using LIBS and supervised learning classifiers. *Anal Chim Acta.* 2014;806:107–16.
37. Logrado LPL. Assessment of adsorption interference from carbonaceous materials in post-explosion residue analysis of fuel–oxidizer mixtures by ion chromatography. *Forensic Chemistry.* 2025;44:100671.
38. Logrado LPL, Braga JW, Laboissiere JC. Assessment of Banknotes as a Matrix for Detecting Post-Explosion Residues of Fuel–Oxidizer Explosive Mixtures Using Ion Chromatography. *Brazilian Journal of Analytical Chemistry.* 2023;11(43):101-114.
39. Logrado LPL, Braga JWB. Evaluation of interferents in sampling materials for analysis of post-explosion residues (explosive emulsion/ANFO) using gas chromatography–mass spectrometry (GC/MS). *J Forensic Sci.* 2025;70(1):314–22.
40. Logrado LPL, Braga JWB. SPME–GC–MS analysis of fire debris: assessing sample transfer viability for automated analysis and the influence of sooty materials. *Forensic Chemistry.* 2025;45:100688.



ANÁLISE DE PERFIS DE MANCHAS DE SANGUE: COMO FUNCIONA, PARA QUE SERVE E POR QUE DEVEMOS SABER MAIS A RESPEITO

Antonio Augusto Canelas Neto*

Departamento de Polícia Federal, Setor Técnico Científico, Belém, PA, Brasil

BLOODSTAIN PATTERN ANALYSIS: HOW IT WORKS, WHAT IT IS USED FOR, AND WHY WE SHOULD KNOW MORE ABOUT IT

RESUMO

A Análise de Perfis de Manchas de Sangue (APMS) consiste na interpretação sistemática de manchas de sangue em superfícies, por meio da qual, a partir do tamanho, da forma e da distribuição das manchas, é possível inferir parâmetros da dinâmica criminosa. Essa interpretação contribui para o direcionamento efetivo de hipóteses investigativas, bem como para a seleção de vestígios biológicos e físicos relevantes. Trata-se de uma técnica com mais de um século de história e que atualmente conta com diversas normatizações internacionais. O potencial desta técnica ocorre pela combinação de 16 ou mais mecanismos de geração que, associados entre si, podem levar a mais de 100 tipos de possibilidades interpretativas na cena de crime. Além da APMS, o sangue também é um vestígio que viabiliza reconhecimento e busca in loco por meio de testes presumptivos e de ferramentas de busca e revelação, o que não ocorre com frequência com outros vestígios biológicos. É, além de tudo, um vestígio sensível à extração de perfil genético somado a uma expressiva presença em cenas de crimes e acidentes. No Brasil, mesmo diante desta evidência, a falta de conhecimento, disseminação e ações para utilização do potencial da APMS indica um atraso técnico científico comparando-se com países mais desenvolvidos. Para mudar este cenário, acredita-se ser necessário maior divulgação do método, além da criação de planos estratégicos para seu escalonamento nas academias de polícia. Este artigo teve como objetivo uma revisão das potencialidades da APMS considerando a relevante presença do vestígio sangue em locais de crime, sugerindo a implementação de treinamentos massivos nas polícias técnico-científicas visando promover padronização de metodologias desta técnica em todo o país.

PALAVRAS-CHAVE: Manchas de sangue. Local de crime. Ciências forenses.

ABSTRACT

Bloodstain Pattern Analysis (BPA) consists of the systematic interpretation of bloodstains on surfaces, through which, based on the size, shape and distribution of the stains, it is possible to infer parameters of criminal dynamics. This interpretation contributes to the effective direction of investigative hypotheses, as well as to the selection of relevant biological and physical evidence. It is a technique with more than a century of history and currently features various international standards. The potential of this technique arises from the combination of 16 or more generation mechanisms which, when associated with each other, can lead to more than 100 types of interpretative possibilities at the crime scene. In addition to BPA, blood is also evidence that enables recognition and on-site search through presumptive tests as well as search and revelation tools, which does not frequently occur with other biological evidence. Moreover, it is evidence that is highly sensitive to genetic profile extraction, combined with a significant presence at crime and accident scenes. In Brazil, despite this evidence, the lack of knowledge, dissemination, and actions for the use of BPA's potential indicates a technical-scientific delay compared to more developed countries. To change this scenario, it is believed that a greater dissemination of the method is necessary, as well as the creation of strategic plans for its scaling in police academies. This article aimed to review the potential of BPA considering the relevant presence of blood evidence at crime scenes, suggesting the implementation of massive training in scientific police forces to promote the standardization of methodologies of this technique throughout the country.

KEYWORDS: Bloodstain pattern analysis. Crime scene reconstruction. Forensic science.

*canelas.aacn@pf.gov.br

INTRODUÇÃO

A origem da Análise de Perfis ou de Padrões de Manchas de Sangue (APMS) remonta ao século XIX, por meio de experimentos do médico polonês Eduard Piotrowski (1895), cuja metodologia era atingir coelhos vivos na cabeça com objetos contundentes e registrar as manchas de sangue geradas com essa ação¹. Avanços significativos ocorreram desde então e inúmeros estudos e publicações foram gerados nas décadas que se seguiram. Em 1983, Herbert Leon MacDonell fundou, com seus alunos nos EUA, a Associação Internacional de Analistas de Perfis de Manchas de Sangue (International Association of Bloodstain Pattern Analysts - IABPA), regulamentando as primeiras normativas da área. Em 2002, a Polícia Federal dos Estados Unidos (FBI) criou um grupo científico de manchas de sangue (SWG-STAIN) que fortaleceu essas normatizações e, em 2014, um comitê denominado OSAC/BPA, vinculado ao Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia dos Estados Unidos (NIST), apresentou, juntamente com as normatizações do SWGSTAIN, novas normatizações para organizações de desenvolvimento de padrões, obtendo-se selo do Conselho de Padronização (ASB) da Academia Americana de Ciências Forenses, vinculado ao Instituto Nacional Americano de Padrões (ANSI)².

O analista em Perfis ou Padrões de Manchas de Sangue, derivado do inglês Bloodstain Pattern Analyst (BPA), deve ter a capacidade de interagir com a química, a biologia, a matemática, a física e a mecânica dos fluidos para interpretar o sangue em uma superfície. Pelo mecanismo de geração de cada perfil ou mancha, determinado pela forma como o sangue se destaca de sua fonte, é possível extrair conclusões que sejam fidedignas com o ocorrido. Dentre os resultados práticos esperados em sua análise estão, por exemplo, a diferenciação entre homicídios, suicídios ou acidentes; posições e movimentos da vítima e do criminoso; avaliação de contradições em depoimentos; seletividade em amostragens para exames de DNA; diferenciação de objetos usados em um crime; estabelecimento de número de participantes no crime; auxílio no critério de cronologia da morte; estabelecimento de percurso; revelação de novos vestígios; e vários outros, a depender de cada caso^{1-3,4,5}. No Brasil, mesmo diante de contextos de violência cada vez mais críticos e similares a de uma guerra civil⁶, a carência de investimentos em institutos de perícia e academias de polícia explica, em parte, o baixo desenvolvimento e disseminação dessa ferramenta forense. A mudança desse cenário depende exatamente da divulgação da técnica e da capacitação massiva dos profissionais da perícia em todo o território nacional.

Desta forma, o objetivo deste trabalho é contextualizar as potencialidades do vestígio sangue e propor o escalonamento da especialidade em APMS no Brasil.

METODOLOGIA

Este trabalho adotou uma abordagem baseada em revisão bibliográfica utilizando-se bases de dados do Portal da Capes e Scopus, e livros técnicos, somado a normativas internacionais e estudo de casos reais.

Na análise de dados, realizou-se combinações probabilísticas para estimar, em termos de ordem de grandeza, as possibilidades interpretativas da APMS em locais de crime. Foram apresentadas as potencialidades do vestígio sangue em termos de localização, confirmação e extração de perfis genéticos.

Dentre as limitações do estudo estão o fato de que os casos analisados são exemplos específicos e não representam toda a diversidade de cenários, o que é reforçado no texto por meio da perspectiva de extrapolação das combinações probabilísticas em APMS.

A combinação entre a revisão teórica, dados estatísticos e casos práticos buscou demonstrar a eficácia da APMS e, ainda, a potencialidade do vestígio sangue, justificando, assim, a perspectiva de maior disseminação desta técnica no país.

ANÁLISE DE PERFIS DE MANCHAS DE SANGUE NA PERÍCIA CRIMINAL.

Na APMS, considera-se mancha de sangue quando o fluido sangue é depositado em uma superfície e padrão ou perfil de manchas de sangue, quando manchas são formadas por um mesmo evento. A mancha gerada, denominada de principal, pode, também, conter manchas satélites, que são as que se destacam da mancha principal, além das denominadas espinhos, que são prolongamentos contidos na borda da mancha de sangue³.

Para interpretar as manchas formadas, o analista deve observar três características principais: tamanho, forma e sua distribuição. Por forma, entende-se a morfologia da mancha. Por tamanho, entende-se a percepção de cada mancha de sangue em termos de área ou volume. Por distribuição, entende-se como as manchas estão posicionadas espacialmente na superfície. A partir dessa leitura, pode-se inferir o mecanismo pelo qual o sangue se destacou de sua fonte para formar a mancha, ou o perfil de manchas, sob análise^{2,7}.

As imagens da figura 1 foram extraídas do livro “Perfis de Manchas de Sangue – Do Local de Crime à Elaboração do Laudo”, editora Lura, 2017 de Antonio A. Canelas Neto³. Nesta figura, à esquerda, constata-se uma pegada diluída de sangue provocada por um homicida (Imagem 1A) em um local de crime a facadas; e à direita, um banco de veículo com vestígios de sangue (Imagem 1B) de uma vítima por disparo de arma de fogo.

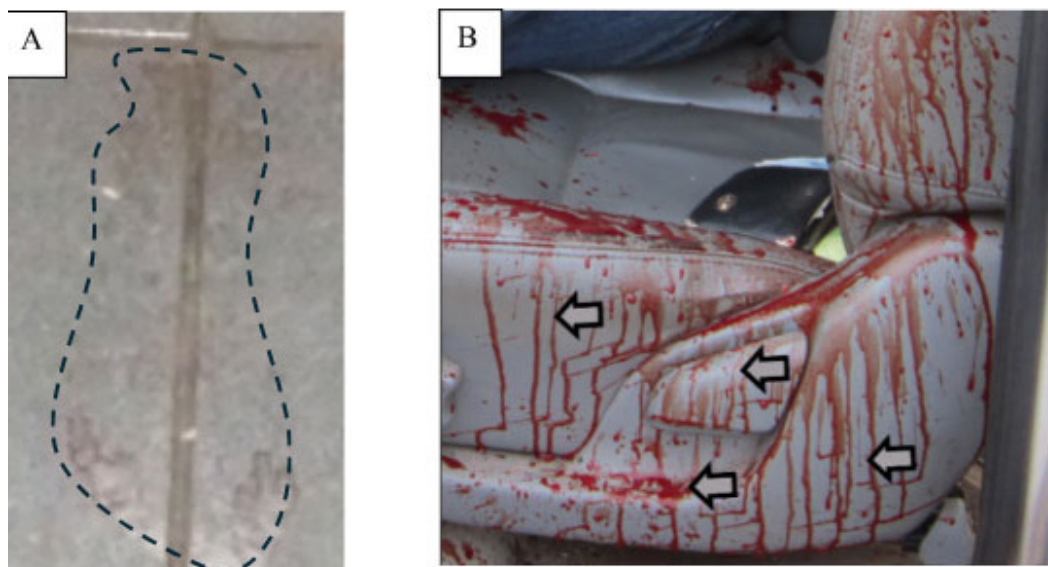


Figura 1 - Mancha transferida com diluição em um caso de homicídio à esquerda. Manchas de escorrimento em um banco de veículo na imagem à direita³.

Na análise de perfis de manchas de sangue, pegadas de sangue são denominadas de “manchas transferidas”, visto que a mancha formada é decorrente de uma transferência do sangue que se encontrava no solado de um sapato. Seu mecanismo de geração, portanto, é a transferência decorrente do contato de uma superfície com sangue com outra superfície sem sangue. Como está diluída, denominamos de “mancha transferida com diluição”. A diluição também é um mecanismo de geração que ocorre pela solvência de um fluido, usualmente água, sobre o sangue. Neste primeiro exemplo da figura 1, portanto, dois mecanismos de geração agiram concomitantemente para a formação da mancha: a diluição do sangue e o contato desse sangue diluído com o piso.

Tendo em vista que nesse caso a vítima encontrava-se em área seca, ou seja, a sua posição final não era em uma área molhada, o analista inferiu que o criminoso teria transitado em uma área molhada. Após ter a revelação de que, além da vítima, só havia o criminoso na cena de crime, não é difícil imaginar que o sangue da mancha transferida seja pertencente à vítima. Criminosos podem buscar áreas molhadas após se lesionarem durante o ato criminoso, e usualmente o fazem para promover a limpeza de seus ferimentos com água e com materiais absorventes antes de se evadirem do local. Um analista, ao identificar uma mancha transferida pela pegada de sangue com diluição, tende a se focar em áreas molhadas do imóvel. O objetivo é obter evidências físicas e biológicas oriundas de sangue, cabelos, DNA de contato ou até impressão datiloscópica do criminoso em áreas molhadas, devido à facilidade de obtenção de digitais de superfícies como azulejos, torneiras, espelhos etc., além do fato de ser um local de limpeza e descarte de vestígios biológicos. Portanto, saber reconhecer um mecanismo dessa natureza e associá-lo imediatamente na busca de vestígios promissores em uma área mais seleta do imóvel é o que traz eficácia ao método de interpre-

tação da mancha de sangue. No caso em específico, o criminoso realmente havia se lesionado, deixando seu sangue no banheiro do imóvel, permitindo, assim, a obtenção de seu perfil genético.

Já na outra imagem 1B, observam-se manchas de escorrimento no banco de um veículo, onde, também, há alterações por interrupções causadas por linhas de sangue dispostas em direção horizontal que se desprendem do escorrimento, indicados pelas setas. Novamente, dois mecanismos de geração atuando concomitantemente: o escorrimento e a alteração por interrupção. Perfis de cast-off de parada ou de interrupção são associados a objetos que desprendem sangue de sua superfície durante sua movimentação no meio circundante (*cessation pattern*)⁸, mas, neste caso, o objeto do desprendimento é outra mancha de sangue, ou seja, o próprio escorrimento, que se resulta em uma alteração nesta mancha causada pela interrupção do movimento da superfície onde estava depositada. O sangue do escorrimento é pertencente a uma vítima encontrada morta no banco do motorista (já removida na imagem) e que apresentava três lesões por disparo de arma de fogo no rosto, sendo uma das lesões com características de escoriação decorrente de trajeto tangencial. O veículo, possivelmente em fuga, havia colidido com uma encosta de terra. Uma testemunha indicou aos policiais que a vítima estava no veículo, após a colisão, quando, então, recebeu os três tiros. Todavia, a análise de perfis de manchas de sangue desqualificou essa versão, concluindo que dos tiros que atingiram o rosto da vítima, um foi antes da colisão e o outro após a colisão na encosta, só não sendo possível estimar o sequenciamento do tiro tangencial. A alteração por interrupção no escorrimento ocorreu devido à perda de inércia do veículo no momento da colisão, indicando que a lesão que ocasionou o escorrimento havia sido gerada antes desse evento. Em outra parte do veículo, porém, outro sinal de escorrimento com maior volume de sangue, decorrente da lesão do outro tiro no rosto da vítima, não

apresentou o mesmo mecanismo de alteração por interrupção ou qualquer outra alteração, inferindo-se que o disparo que originou a lesão deste escorrimento ocorreu após a colisão do veículo. Com isso, nesse caso, o conhecimento com relação aos perfis e mecanismos de geração das manchas de sangue, corroborou a desconstrução da versão de uma testemunha e direcionou melhor a investigação para o verdadeiro local do primeiro tiro, por exemplo. O viés da falsa memória - tendência cognitiva de um indivíduo em “construir” um fato que não ocorreu pode ter influenciado a testemunha, e a APMS ajudou a descartar uma heurística cognitiva, substituindo-a com a interpretação científica do evento.

Esses são somente dois exemplos resumidos da prática da APMS em casos reais. Em um caso, permitiu seletividade de vestígios e, no outro caso, redirecionou a percepção equivocada da investigação até então baseada no relato de uma testemunha. Existem mais detalhes de cada um desses casos, obviamente, e existem vários outros casos semelhantes nos arquivos das Instituições Policiais Técnico Científicas de todos os Estados Brasileiros. Porém, o objetivo dessa abordagem é destacar a eficácia da APMS em situações que poderiam ter desdobramento equivocado se não fosse realizada. A rapidez desta interpretação vai além dos estereótipos de casos prolongados das mídias televisivas e do sensacionalismo que despertam. Pelo contrário, mostra tempestividade e foco na busca de provas científicas e hipóteses investigativas.

Cada mecanismo de geração de um perfil, ou de uma man-

cha de sangue, revela uma informação. Entretanto, não é incomum quando dois ou mais mecanismos atuam conjuntamente, permitindo mais refino na análise. Basta imaginar como a interpretação seria menos informativa se na Imagem 1A, da figura 1, não houvesse a diluição na mancha transferida, ou se na Imagem 1B, dessa mesma figura, não houvesse a alteração por interrupção no escorrimento. Na verdade, muitas são as combinações possíveis entre os mecanismos de formação das manchas de sangue. O mais comum é a sobreposição de manchas ou perfis entre si, o que fornece uma ferramenta para o sequenciamento da dinâmica criminosa.

Pelos quadrados amarelos da classificação mostrada na figura 2, é possível considerar 16 mecanismos de geração mais conhecidos, sem levar em consideração as manchas satélites. A metodologia de classificação apresentada pela figura 2 é a de Canelas Neto (2017)³ que segue adaptações na tradução da língua inglesa para as terminologias internacionais para perfis de manchas de sangue contidas na ASB Technical Report 033/2017, 1 ed.⁸. Caso nos baseássemos somente nestes 16 mecanismos, teríamos 16 possibilidades de interpretação das manchas de sangue em um local de crime. Porém, como nos exemplos mostrados, a combinação de perfis permite maiores interpretações que vão além dos mecanismos isolados. A sobreposição de perfis e manchas, por exemplo, pode acontecer entre quaisquer mecanismos de geração dos aqui destacados, servindo para uma estimativa matemática.

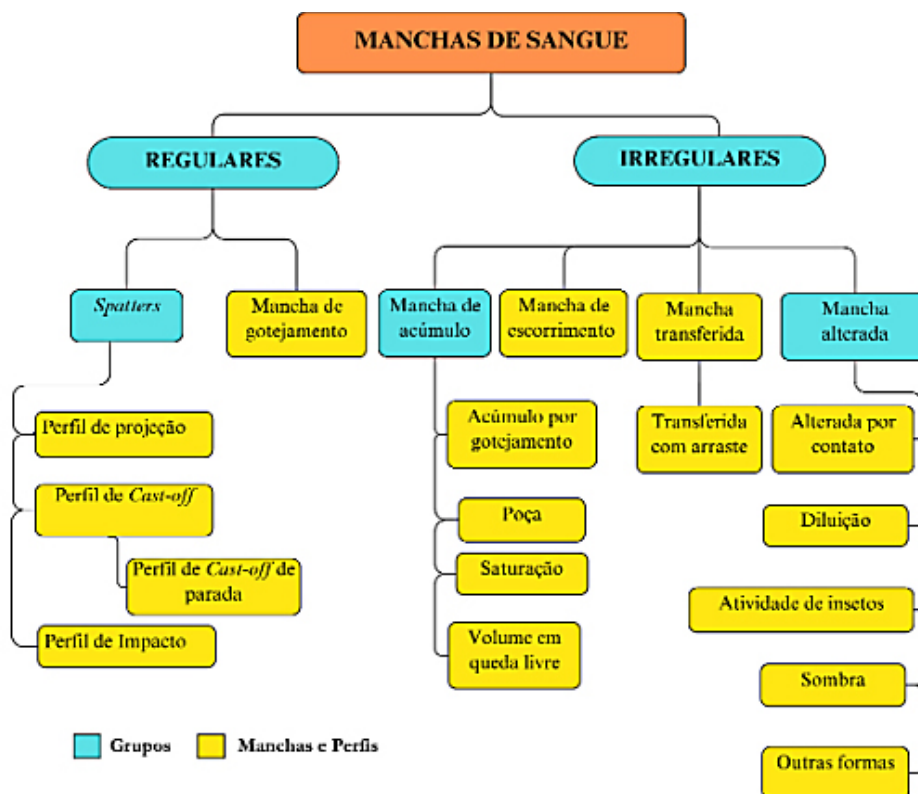


Figura 2 - Manchas de sangue pela metodologia de manchas regulares e irregulares desenvolvida por Canelas Neto (2017)³. Os perfis e manchas que contêm mecanismos de geração se encontram nos quadros amarelos. As terminologias são adaptadas do inglês, obtidas na ASB Technical Report 033/2017, 1 ed.⁸.

Na equação 1, “n” representa o número de mecanismos de geração e “k” o número de combinações de “n” possíveis.⁹ Se considerarmos somente a combinação possível da sobreposição de dois mecanismos entre os 16 existentes, ou seja, C (16,2) teríamos 120 combinações possíveis, que somado aos

16 mecanismos individualizados totalizariamos 120+16= 136 possibilidades de interpretação a um analista de manchas de sangue, antes de entrar na cena de crime. Uma avaliação conservadora, visto que é baseada somente em sobreposições de manchas de sangue.

Equação 1

$$C(n, k) = \frac{n!}{k! \cdot (n-k)!}$$

$$C(16, 2) = \frac{16!}{2! \cdot (16-2)!} = \frac{16 \cdot 15 \cdot 14!}{2! \cdot 14!} = \frac{16 \cdot 15}{2} = 120 \text{ combinações}$$

Na prática, as possibilidades são bem maiores. O caso da figura 1B, a alteração por interrupção não está sobreposta às manchas de escorrimento, mas sim se originou dessa mancha. É uma forma de combinação diferente da simples sobreposição de dois mecanismos, mas que não ocorre entre todas as manchas ou perfis. Poderíamos chegar a centenas de combinações se considerarmos uma, duas e três combinações utilizando a Equação 1. Entretanto, um estudo completo de todas as combinações possíveis, inclusive com uso de manchas satélites, aliado ao auxílio das informações de exames complementares, ultrapassaria o objetivo deste trabalho.

O importante deste exercício matemático é mostrar que, em termos de ordem de grandeza, o grande número de interpretações possíveis na APMS é o que permite sua versatilidade interpretativa. Esta interpretação, somado à experiência, se torna ágil e menos propensa a duplas abordagens, permitindo rapidez na obtenção de provas robustas para a resolução de casos simples e complexos, bem como tempestividade na construção de hipóteses investigativas.

O POTENCIAL DE BUSCA, REVELAÇÃO E OBTENÇÃO DE PERFIL GENÉTICO DO VESTÍGIO SANGUE

O sangue, além de permitir todos os recursos da APMS, também é um vestígio com facilidade de detecção e revelação, potencializando a importância do profissional analista de manchas de sangue. É um dos poucos vestígios que se destaca por oferecer ferramentas exclusivas para detecção e análise *in loco*, superando outros vestígios físicos e biológicos neste aspecto. Exemplos são que, além do cromóforo vermelho, o sangue possui testes presuntivos de identificação rápida, testes imunocromatográficos para distinção de sangue humano (primata) ou animal, uso do luminol para busca de sangue oculto, reveladores como luz forense e químicos como o amido black, o aqua-leucocristalvioleta, o vermelho húngaro, o óxido de titânio e tantos outros igualmente eficazes na revelação da morfologia de manchas de sangue latentes durante o processamento de local^{2,10-12}. O luminol se destaca por possuir incomparável sensibilidade, conseguindo

gerar quimioluminescência em diluições de sangue na ordem de 1:100.000, mesmo passados anos do crime¹³.

No que tange à interação com ondas eletromagnéticas, usualmente realizada por meio de equipamentos de luz forense, o sangue também possui propriedades ópticas seletivas, tais como absorção seletiva próximas ao comprimento de 415 nm (violeta) e no infravermelho próximo, facilitando sua identificação em superfícies escuras¹⁴⁻¹⁸.

Quando comparado a outros vestígios biológicos (saliva, suor, urina), sob as mesmas condições de armazenamento, o sangue oferece maior facilidade de extração de perfis genéticos por ser uma fonte privilegiada de DNA devido aos leucócitos, cujos núcleos armazenam material genético aptos à extração nos laboratórios de DNA¹⁹⁻²¹.

Conclui-se que, pela APMS, facilidades de identificação, busca e revelação aqui descritas, o sangue indica ser, incontestavelmente, um dos vestígios mais versáteis e informativos da cena de crime. A combinação do uso interpretativo da APMS associado às técnicas analíticas, propriedades ópticas e potencial genético, torna o sangue um vestígio diferenciado, fazendo com que um profissional especialista neste tipo de exame se torne indispensável para a perícia moderna.

A FREQUÊNCIA DO VESTÍGIO SANGUE NAS CIÊNCIAS FORENSES

Segundo a Associação dos Peritos Criminais Federais (APCF), a perícia criminal é atividade típica de Estado, de cunho técnico-científico, prevista no Código de Processo Penal, que visa a analisar vestígios, sendo indispensável para elucidação de crimes²². A interpretação científica de vestígios através da perícia está embasada, segundo esta definição, pelo próprio código de processo penal em seu artigo 158 e 159²³.

Contudo, dados estatísticos de vestígios físicos ou biológicos não são apresentados diretamente nos principais relatórios de Segurança Pública do Brasil, tais como o Atlas da Violência do Brasil²⁴, o Anuário Brasileiro de Segurança Pública²⁵ ou até mesmo nos relatórios da Rede Integrada de Bancos de Perfis Genéticos²⁶, o que limita o estudo da frequência e do tipo dos

vestígios mais comuns no local de crime. Para estudar a frequência do vestígio sangue, dados estatísticos de alguns desses relatórios podem ser interpretados de maneira indireta. Um exemplo é o Atlas da Violência do IPEA (2019)²⁷, que mapeou, no período de uma década (2007–2017), vítimas de homicídio (homens e mulheres) relacionados aos instrumentos utilizados nos crimes. Embora não enfoque vestígios diretamente, o predomínio de alguns dos instrumentos utilizados associa claramente os crimes de homicídio à formação do vestígio sangue (figura 3).

Conforme apresentado pela figura 3, um total de 98,2% dos homicídios de vítimas do sexo masculino, e 90,9% do femi-

no, são perpetrados com armas de fogo, instrumentos cortantes e instrumentos contundentes. Considerando que tais instrumentos, quando empregados em homicídios, invariavelmente provocam hemorragias, infere-se que o vestígio sangue está presente em todos esses homicídios, que são a maioria representativa do gráfico demonstrado.

Ademais, como sabemos, a recorrência do vestígio sangue extrapola os casos do gráfico, pois podemos também identificar o vestígio sangue em agressões, estupros e acidentes, bastando, para isso, que em qualquer um desses eventos haja alguma lesão com hemorragia^{28,29}.

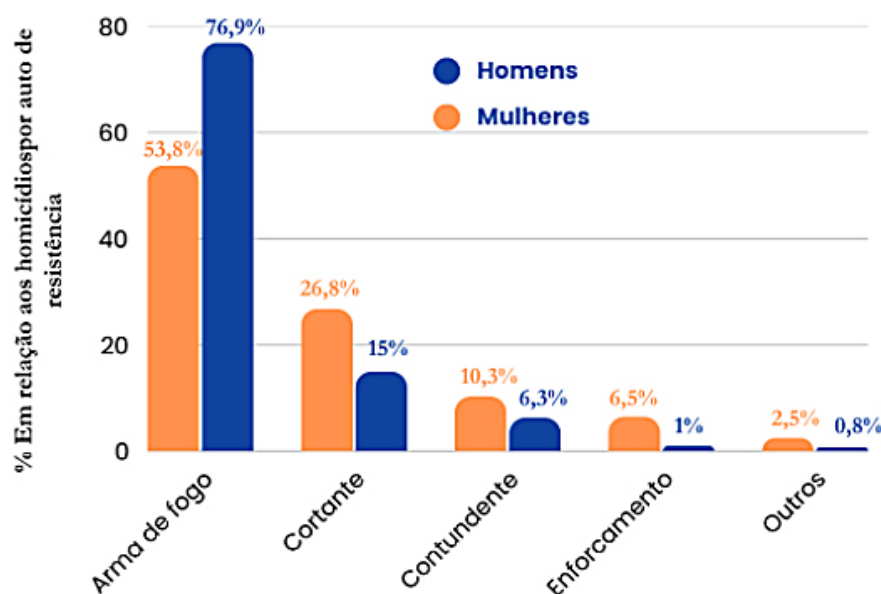


Figura 3 - Atlas da violência IPEA. Apresenta padrão de vitimização por homicídio de vítimas em relação ao instrumento do crime e ao sexo em um intervalo de 10 anos²⁷.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho demonstrou o papel central do vestígio sangue na Perícia Criminal, consolidando-o como um dos vestígios mais estratégicos das ciências forenses pelos seguintes motivos: Reconhecimento tempestivo: seu cromóforo vermelho, resultante da hemoglobina, permite identificação visual direta; Confirmação in loco: testes presuntivos e imunocromatográficos validam sua natureza biológica com praticidade e rapidez; Análise de Perfis de Manchas de Sangue (APMS): permite, com entendimento dos mecanismos de geração, estabelecer parâmetros da dinâmica criminosa, tornando o especialista seletivo para vestígios com maior possibilidade de esclarecimento dos fatos, além de se afirmar apto a direcionar melhor as hipóteses investigativas; Ferramentas de busca e revelação: ferramentas como o luminol (eficaz mesmo em diluições de 1:100.000), reveladores químicos e luz forense (espectros de 415 nm e infravermelho) ampliam a capacidade de sua localização e revelação, inclusive em su-

perfícies escuras ou mesmo após anos decorridos do evento; Potencial genético: a alta concentração de leucócitos nucleados permite extração eficiente de DNA, mesmo em amostras ínfimas, viabilizando a individualização de suspeitos e cruzamento com banco de dados de perfis genéticos; Frequência: associado não só a várias situações de crimes violentos, mas também a acidentes, o sangue é bastante recorrente em cenas investigativas.

A comprovação da relevância científica do sangue como vestígio reforça, por consequência, a importância estratégica da formação massiva de especialistas analistas de manchas de sangue, cuja atuação qualificada tende a ampliar a eficácia investigativa em cenários de crimes simples e complexos.

REFERÊNCIAS

1. James SH, Kish PE, Sutton TP. Principles of Bloodstain Pattern Analysis Theory and Practice. CRC Press; 2005.
2. Toby L. Wolson et al. Handbook of Bloodstain Pattern Analysis. 1

- ed. Wolson TL, ed. CRC Press; 2025.
3. Canelas Neto AA. Perfis de Manchas de Sangue - Do Local de Crime à Elaboração Do Laudo. São Paulo: Lura; 2017.
4. Bevel T, Ross MG. Bloodstain Pattern Analysis with an Introduction to Crime Scene Reconstruction. 3 ed. CRC Press; 2008.
5. Wonder AY. Bloodstain Pattern Evidence: Objective Approaches and Case Applications. Elsevier Academic Press; 2007.
6. Sistema Nacional de Segurança Pública - Ministério da Justiça. Mapa da Segurança Pública; 2024.
7. Singh P, Gupta N, Rath R. Blood pattern analysis - a review and new findings. Egypt J Forensic Sci. 2021;11(1).
8. American Academy of Forensic Science. ASB Technical Report 033. Terms and Definitions in Bloodstain Pattern Analysis. ASB; 2017. [acesso em 15 jul 2025]. Disponível em: https://www.aafs.org/sites/default/files/media/documents/033_TR_e1_2017.pdf
9. Santos JPO. Introdução a Análise Combinatória. Campinas: UNICAMP; 1995.
10. Longo P, Dias Filho C, Valadares MPO, Alonso EC, Gonçalves SPS, Auller-Bittencourt E. Avaliação comparativa de teste imunocromatográfico para identificação forense de sangue humano. Revista Brasileira de Criminalística. 2011;1(1):16-21.
11. Forsythe-Erman J. A comparison of blood enhancement techniques. Journal of the Canadian Society of Forensic Science. 2001;34(4):159-165.
12. Seashols SJ, Cross HD, Shrader DL, Rief A. A Comparison of Chemical Enhancements for the Detection of Latent Blood. J Forensic Sci. 2013;58(1):130-133.
13. Souza BS De, Ferreira JA. Funcionamento do luminol e sua utilização para a identificação de sangue latente. Revista Científica Fundação Hermínio Ometto. 2018;6(1):37-46.
14. Lee WC, Khoo BE, Lim bin Abdullah AF. A simple, low-cost, and portable LED-based multi-wavelength light source for forensic application. In: LED and Display Technologies II. Vol 8560. SPIE; 2012:856005.
15. Lee WC, Khoo BE, Abdullah AFL Bin, Abdul Aziz ZB. Statistical Evaluation of Alternative Light Sources for Bloodstain Photography. J Forensic Sci. 2013;58(3):658-663.
16. Lee WC, Abdullah AFL, Khoo BE. Forensic bloodstain imaging: A digital method for stain enhancement and background reduction. Australian Journal of Forensic Sciences. 2015;47(1):116-124.
17. Bastide B, Porter G, Renshaw A. Detection of latent bloodstains at fire scenes using reflected infrared photography. Forensic Sci Int. 2019;302.
18. Winnepeninckx A, Verhoeven E, Vermeulen S, Bekaert B. Evaluation of infrared photography for latent bloodstain visualization and the influence of time. Forensic Sci Int. 2022;331.
19. Ünsal Sapan T, Erdoğan IT, Atasoy S. Human identification from washed blood stains. Bull Natl Res Cent. 2021;45(1).
20. Howarth A, Drummond B, Wasef S, Matheson CD. An assessment of DNA extraction methods from blood-stained soil in forensic science. Forensic Sci Int. 2022;341.
21. Dissing J, Søndervang A, Lund S. Exploring the limits for the survival of DNA in blood stains. J Forensic Leg Med. 2010;17(7):392-396.
22. Associação Nacional dos Peritos Criminais Federais. O que é a perícia criminal? [internet]. APCF [acesso em 15 jul 2025]. Disponível em: <https://apcf.org.br/pericia-criminal/o-que-e-a-pericia-criminal>
23. Angher AJ. Código Penal e Código de Processo Penal. In: Código. Editora Rideel; 2004.
24. IPEA. Atlas da Violência [internet]. IPEA; 2025 [acesso em 15 jul 2025]. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/atlasviolencia/publicacoes>.
25. Fórum Brasileiro de Segurança Pública. Anuário Brasileiro de Segurança Pública. [internet]. FBSP; 2025 [acesso em 15 jul 2025]. Disponível em: <https://forumseguranca.org.br/publicacoes>
26. Ministério da Justiça e Segurança Pública. Rede Integrada de Bancos de Perfis Genéticos. MJSP, 2025 [acesso em 15 jul 2025]. Disponível em: <https://www.gov.br/mj/pt-br/assuntos/sua-seguranca/seguranca-publica/ribpg>
27. IPEA. Atlas da Violência [internet]. IPEA; 2019 [acesso em 15 jul 2025]. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/atlasviolencia/download/19/atlas-da-violencia-2019>
28. Kumar A, Singh J. Significance of Blood and Its Identification: A Perspective in Forensic Investigation. Vigyan Varta. 2020;1(7):5-9.
29. Kudekar D, Mahajan V, Kawade J, Kulkarni K. Blood of Accused - Vital Scientific Evidence in Crime of Rape. J Forensic Investigation. 2020;8(2):16.
30. Academy Standards Board. ANSI/ASB Standard 032. Standards for a Bloodstain Pattern Analyst's Training Program. ANSI/ASB; 2020. [acesso em 15 jul 2025]. Disponível em: https://www.aafs.org/sites/default/files/media/documents/032_Std_e1.pdf

IMAGEM

RISCOS E LIMITAÇÕES DA ESPECTROSCOPIA RAMAN NA ANÁLISE DE EXPLOSIVOS

RISKS AND LIMITATIONS OF RAMAN SPECTROSCOPY IN EXPLOSIVES ANALYSIS

Lúcio Paulo Lima Logrado*

Instituto Nacional de Criminalística, Polícia Federal, Brasília, DF, Brasil

Bruna Miguel Ferreira da Silva

Instituto de Química, Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brasil



A identificação de substâncias em campo é de extrema importância em perícias em locais de crime, especialmente quando envolvem explosivos, os quais demandam protocolos de atuação distintos daqueles aplicados a outras substâncias¹. Entre as técnicas disponíveis, os espectrômetros Raman são amplamente empregados devido à sua portabilidade, ao caráter não destrutivo, à baixa interferência de umidade e à capacidade de detectar compostos orgânicos e inorgânicos com preparo mínimo da amostra. Contudo, uma limitação importante dessa técnica é a ineficácia na análise de substâncias escuras, que, em geral, não produzem espectros utilizáveis^{2,3}. No caso de explosivos escuros sensíveis ao calor, o problema agrava-se pelo alto risco de iniciação durante a análise, o que pode colocar em perigo tanto o operador quanto os equipamentos^{1,3}. As imagens apresentadas ilustram a ignição de três amostras de explosivos durante análises por espectroscopia Raman: à esquerda e ao centro, duas variações de pólvora negra - uma de fabricação caseira e outra comercial - e, à direita, uma pólvora composta, principalmente, por clorato de potássio e enxofre, todas apresentando coloração escura. As figuras mostram a iniciação durante análises de pequenas quantidades não confinadas do material explosivo; em maiores quantidades, as consequências podem ser desastrosas. Uma alternativa promissora para contornar tanto a ineficácia quanto o risco de acidentes é a análise desses tipos de explosivos, que contêm sais inorgânicos em sua composição, em solução aquosa, o que permite a caracterização dos constituintes inorgânicos de forma segura, preservando a integridade dos operadores e dos equipamentos³.

REFERÊNCIAS

1. Deokaran GO. Locais de crime com explosivos: uma metodologia forense interdisciplinar. Campinas:Millennium Editora; 2025.
2. Kuehn M, Bates K, Tyler Davidson J, Monjardez G. Evaluation of handheld Raman spectrometers for the detection of intact explosives. *Forensic Sci. Int.* 2023;353:111875.
3. Logrado LPL, Ferreira da Silva BM, da Silveira Neto BA. Assessment of handheld Raman spectroscopy for forensic analysis of dark-colored bulk explosive fuel-oxidizer mixtures. *J. Forensic Sci.* 2025;70(4):1509–20.

* lucio.lpl@pf.gov.br

DENTES RÓSEOS POST MORTEM EM CADÁVER SAPONIFICADO, VÍTIMA DE TRAUMATISMO CRANIANO POR DISPARO DE ARMA DE FOGO

PINK TEETH POST MORTEM IN SAPONIFIED CORPSE, VICTIM OF HEAD INJURY FROM GUNSHOT

Lincoln Moraes da Fonseca

Polícia Científica de Santa Catarina, São Bento do Sul, SC, Brasil

Victor Wilson Botteon*

Polícia Científica de Santa Catarina, São Bento do Sul, SC, Brasil

Mário César Correa Júnior

Polícia Científica de Santa Catarina, São Bento do Sul, SC, Brasil

Vinícius Bastos

Polícia Científica de Santa Catarina, São Bento do Sul, SC, Brasil



Em 1829, Bell descreveu pela primeira vez o fenômeno conhecido como dentes róseos *post mortem* (*pink teeth post mortem*), observado em dentes de algumas vítimas de afogamento e enforcamento¹. Desde então este fenômeno é observado predominantemente em vítimas de afogamento e outros meios de asfixia². Entretanto, o valor patognomônico deste achado médico-legal é relativo, pois depende não apenas dos mecanismos de morte, mas também de variáveis ambientais para o seu aparecimento³. As imagens ilustram o aspecto dos dentes róseos observado em cadáver saponificado de um jovem do sexo masculino, de 21 anos de idade à época do óbito, vítima de traumatismo craniano provocado por disparos de arma de fogo. O corpo foi encontrado inumado com vestígios de cal (óxido de cálcio). As setas indicam um orifício de entrada compatível com lesão perfuro-contusa, produzida pela passagem de projétil de arma de fogo (PAF) animado de energia cinética, na região labial superior direita. A coloração rósea observada na polpa dentária decorre da liberação de hemoglobina para a dentina através dos túbulos dentinários, estando associada à hemorragia no interior da câmara pulpar³. Além disso, o fenômeno ocorre com maior frequência em indivíduos jovens do sexo masculino, visto que

seus dentes apresentam câmaras pulpare mais amplas e vascularizadas, como no caso descrito². Apesar de ser mais frequentemente observado em mortes por asfixia, este caso evidencia a ocorrência dos dentes róseos *post mortem* em um cadáver saponificado, vítima de traumatismo craniano por PAF.

REFERÊNCIAS

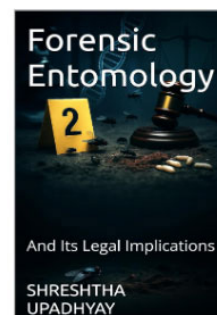
1. França GV. Medicina Legal. 11 ed. Brasil: Guanabara Kooga; 2017.
2. Ferreira RPPV. Fenómeno do dente cor-de-rosa postmortem: uma revisão sistemática. Monografia apresentada na Faculdade de Medicina Dentária da Universidade do Porto, com vista a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária; 2021.
3. Brites AN, Machado ALR, Franco A, Alves Silva RH. Revisiting autopsies of death by mechanical asphyxia in the search for post-mortem pink teeth. J. Forensic Odontostomatol. 2020;38(1):34-8.

*victor_botteon2@outlook.com



RESENHA DE LIVRO

FORENSIC ENTOMOLOGY AND ITS LEGAL IMPLICATIONS



Sebastião Lacerda de Lima Filho*

Perícia Forense do Estado do Ceará, Núcleo de Antropologia Forense, Fortaleza, CE, Brasil

Marcos Tadeu Ellery Frota

Perícia Forense do Estado do Ceará, Núcleo de Antropologia Forense, Fortaleza, CE, Brasil

Manoel Odorico de Moraes Filho

Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, Brasil

Publicada originalmente em julho de 2025, a 1ª edição da obra "*Forensic Entomology and Its Legal Implications*", de autoria do professor Shreshtha Upadhyay do Institute of Applied Sciences Mangalayatan University, Aligarh (U.P.), Índia, surge como um recurso acadêmico essencial para suprir lacunas na formação em ciências forenses, particularmente na Índia, embora esta primeira edição do livro tenha sido publicada no Estados Unidos.

O livro sistematiza o estudo de insetos necrófagos como ferramentas para investigações criminais, integrando princípios biológicos a aplicações jurídicas. Upadhyay combina pesquisa teórica e experiência de campo para demonstrar como a sucessão entomológica, os padrões de decomposição e a metamorfose de artrópodes fornecem dados fundamentais para estimar o intervalo pós-morte (IPM), determinar deslocamento corporal e identificar toxinas. Essa abordagem prática é vital em contextos nos quais recursos forenses são limitados.

De um modo geral, o livro é dividido em 12 capítulos, que, por sua vez, são organizados em diferentes tópicos de pesquisa. Sob a perspectiva organizacional, apresentaremos apenas os títulos dos capítulos centrais, não sendo necessária, nesta resenha, a descrição dos subtópicos. São eles:

- Chapter 1: Introduction to Forensic Entomology
- Chapter 2: Classification and Biology of Insects
- Chapter 3: Decomposition and Insect Succession
- Chapter 4: Postmortem Interval (PMI) Estimation
- Chapter 5: Crime Scene Investigation and Insect Evidence
- Chapter 6: Laboratory Analysis and Insect Identification

- Chapter 7: Legal Relevance of Forensic Entomology
- Chapter 8: Entomotoxicology and Insect Bioindicators
- Chapter 9: Geographic and Climatic Variations
- Chapter 10: Forensic Entomology in Mass Disasters and War Zones
- Chapter 11: Indian and International Case Studies
- Chapter 12: Standard Operating Procedures and Best Practices

Todos esses capítulos demonstram uma sincronização e uma dinâmica altamente produtiva, capazes de viabilizar a abordagem até mesmo de temas mais complexos no campo da Entomologia Forense.

O autor dedica seções significativas à taxonomia e ecologia de insetos-chave, como dípteros (moscas-varejeiras) e coleópteros (besouros), cuja colonização de remanescentes humanos segue padrões temporais previsíveis. O livro detalha como estágios de desenvolvimento larvais e de pupa permitem calcular o IPM com base em modelos térmicos e fatores ambientais. Além disso, Upadhyay explora casos de traumas, abuso e negligência, nos quais a análise de larvas em feridas ou tecidos lesionados pode corroborar perícias médicas. Tais evidências tornam-se indispensáveis quando corpos estão em avançado estado de decomposição, em que métodos tradicionais falham.

Um dos pilares inovadores da obra é a discussão sobre técnicas de biologia molecular aplicadas à entomologia forense. Upadhyay descreve métodos como DNA barcoding (usando genes mitocondriais como COI), RAPD-PCR e sequenciamento de nova geração para identificar espécies a partir de fragmentos

* arqueologiasobradinho@gmail.com

morfológicos não discerníveis, como ovos, larvas imaturas ou restos digestivos. Essas técnicas permitem não apenas distinguir espécies crípticas, mas também recuperar DNA humano a partir de tecidos de insetos, viabilizando a identificação de vítimas ou suspeitos. O livro ressalta, contudo, desafios como degradação de DNA e a necessidade de bancos de dados genéticos regionais.

O autor também aborda a entomotoxicologia como um campo emergente, no qual insetos necrófagos funcionam como matrizes biológicas para detectar xenobióticos (drogas, pesticidas, metais pesados) mesmo após total esqueletização. Upadhyay explica como toxinas alteram a taxa de desenvolvimento larval e como técnicas como GC/MS, HPLC/MS e ELISA ampliam a janela de detecção em casos de overdose ou envenenamento. O livro alerta, porém, para as limitações na extrapolação de estudos realizados em modelos animais (como porcos) para humanos, devido a diferenças metabólicas e variabilidade interindividual.

Apesar do rigor científico, Upadhyay não ignora obstáculos práticos: variações microclimáticas (temperatura, umidade, exposição ao sol), interferência de predadores ou competição interespecífica e efeitos de soterramento ou confinamento em recipientes. O livro enfatiza que tais fatores podem distorcer estimativas de IPM em até 20% e exige calibração de modelos com dados locais. Adicionalmente, o autor discute como o estágio de “emergência de adultos” compromete a distinção entre gerações de insetos, reduzindo a precisão cronológica.

A contribuição mais original da obra reside na análise da legitimidade da prova entomológica sob o sistema jurídico indiano. Upadhyay examina o reconhecimento de laudos periciais baseados em insetos pela Bharatiya Nagarik Suraksha Sanhita (BNSS), destacando precedentes nos quais dados entomológicos corroboraram cenas de crime, exposição a toxinas ou deslocamento post-mortem. O livro fornece protocolos para coleta, preservação e documentação de evidências, visando assegurar a admissibilidade em tribunais. O autor argumenta que a integração entre peritos, investigadores e juristas é fundamental para superar ceticismos quanto a métodos não convencionais.

Em síntese, a obra de Upadhyay alia rigor técnico e acessibilidade, servindo tanto como manual para peritos quanto como recurso pedagógico em ciências forenses. Seu foco em estudos de casos indianos preenche uma lacuna crítica na literatura, até então dominada por pesquisas ocidentais. Embora desafios persistam – como a padronização de protocolos e a expansão de coleções de referência locais – o livro posiciona a entomologia forense como um campo dinâmico e indispensável à justiça criminal em qualquer região do planeta.

ORGANIZADOR: Shreshtha Upadhyay

Edição: 1ª Edição

Editora: Kindle Direct Publishing (KDP), Amazon

Número de páginas: 324

Ano de publicação: 2025

ISBN: 979-8291978603



NORMAS PARA PUBLICAÇÃO

NORMAS PARA SUBMISSÃO DE MANUSCRITOS

A Revista Criminalística e Medicina Legal (Revista CML) é um periódico científico destinado à divulgação de produção científica nas áreas da Criminalística e Medicina Legal.

Os artigos encaminhados serão submetidos à avaliação às cegas, pelos pares, por, no mínimo, dois especialistas na área pertinente à temática do artigo.

Para a avaliação, solicita-se que o autor principal do manuscrito encaminhe o trabalho para o endereço eletrônico da Revista CML (revistacml@gmail.com) juntamente com uma declaração (vide modelo no site) do autor responsável pela interlocução com os editores se responsabilizando, caso seja aprovado, pela ciência e concordância dos demais autores, se houver, em publicar o manuscrito na Revista CML.

Serão aceitos apenas trabalhos redigidos em língua portuguesa. Ressalta-se que as opiniões e conceitos emitidos pelos autores são de sua exclusiva e inteira responsabilidade, não refletindo, necessariamente, a opinião do conselho editorial da revista. Os artigos que se resultarem de pesquisas experimentais envolvendo seres humanos devem conter explicitado, no corpo do trabalho, o protocolo de aprovação por Comitê de Ética reconhecido pela Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP). O mesmo se aplica àquelas pesquisas que envolverem animais vertebrados: o protocolo de aprovação por Comissão de Ética no Uso de Animais reconhecido pela Comissão Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA).

Para **Relatos de Casos** não serão exigidos protocolos de aprovação em Comissões de Ética. Entretanto, para esses trabalhos e estudos envolvendo análise de dados históricos, junto com o manuscrito deverá ser encaminhado um documento assinado pela chefia da instituição/departamento de origem dos dados autorizando sua publicação na Revista CML.

Em todas as modalidades dos trabalhos encaminhados para análise, o comitê editorial se reserva o direito de deliberar sobre a aceitação para publicação e forma de apresentação, em qualquer modalidade de artigo, no que concerne a aspectos éticos, preservação da identidade de pessoas físicas e jurídicas, e exposição de dados relativos a casos não transitados em julgado em qualquer esfera judicial que possa comprometer tais procedimentos. Sugere-se observar o disposto na lei federal de acesso à informação, lei nº 12.527 de 2011, artigo 31, que trata deste assunto.

INSTRUÇÕES PARA O PREPARO E ENVIO DE MANUSCRITOS

INFORMES GERAIS

Artigos Originais: São trabalhos provenientes de pesquisa científica apresentando dados resultantes de estudo experimental, observacional ou de análise de dados. Sua estrutura

traz os seguintes itens: Título; Title; Resumo; Palavras-chave; Abstract; Keywords; Introdução; Material e Métodos; Resultados e Discussão (juntos ou separadamente); Conclusão; Agradecimentos (opcional); Referências. Deverá se limitar a 15 laudas.

Artigos de Revisão: São trabalhos que têm por objeto resumir, analisar, avaliar ou sintetizar trabalhos de investigação já publicados em revistas científicas. Sua estrutura traz os seguintes itens: Título; Title; Resumo; Palavras-chave; Abstract; Keywords; Introdução; Metodologia; Itens da revisão distribuídos a critério dos autores; Considerações Finais; Agradecimentos (opcional); Referências. Deverá se limitar a 15 laudas.

Relatos de Casos: São artigos que apresentam dados descritivos de um ou mais casos relevantes diante do conhecimento científico atual. Sua estrutura traz os seguintes itens: Título; Title; Resumo; Palavras-chave; Abstract; Keywords; Introdução; Casuística; Discussão; Considerações Finais; Agradecimentos (opcional); Referências. Deverá se limitar a dez laudas.

Resenhas: São textos que trazem aspectos descritivos e analíticos de obra recentemente publicada e de relevância para a Criminalística e para a Medicina Legal. Sua estrutura traz os seguintes itens: Identificação da Obra (título, nome dos autores/editores/organizadores, edição, volume, local e editora, número de páginas, ano da publicação e ISBN); Desenvolvimento; Considerações Finais (opcional); Agradecimentos (opcional). Uma imagem da capa do livro deverá ser enviada juntamente com a resenha. Deverá se limitar a cinco laudas.

Resumos de Monografias, Dissertações e Teses: Resumo em parágrafo único com até 4.000 caracteres, incluindo espaços, palavras-chave e título. Deve acompanhar a versão em inglês do Resumo (Abstract), keywords e título. Após a versão em inglês, deve conter a referência da monografia, dissertação ou tese, de acordo com as normas desta revista. Ao final deve ter o registro dos nomes completos do autor e do orientador, data de defesa (dd/mm/aaaa), local, instituição e curso de graduação ou pós-graduação onde foi defendida.

Comunicação Breve: São artigos que relatam, de forma mais sucinta e objetiva, práticas, temas ou resultados relacionados às atividades periciais. Sua estrutura traz os seguintes itens: Título; Title; Resumo (máximo de 150 palavras); Palavras-chave (máximo de três); Abstract; Keywords; Introdução; Relato ou Casuística (opcional); Discussão; Referências (máximo de cinco). Deverá se limitar a cinco laudas e três ilustrações (tabelas ou figuras).

Imagem: Figuras atribuídas ao autor antecedidas por um título sucinto, em português e inglês, e sucedidas por um breve texto, com no máximo 250 palavras, que explique a importância das imagens para o trabalho pericial no âmbito da criminalística ou medicina legal. Deverá se limitar a três figuras, com boa resolução, e três referências.

FORMA DE APRESENTAÇÃO DOS MANUSCRITOS

Os manuscritos de todas as categorias devem seguir os seguintes critérios:

Formatação: O texto deverá ser digitado com o uso do editor de texto “Microsoft Word”, em formato A4 (21,0 x 29,7), com espaço 1,5, justificado, espaçamento simples entre parágrafos, com margens esquerda, direita, superior e inferior de 2,5 cm, fonte “Times New Roman” no tamanho “12” e em coluna única. Deve ser colocada numeração de linhas em todo o texto (na aba do word “Layout da Página”, clicar em Número de linhas e selecionar “Contínuo”). Cada item do texto deverá ser digitado em negrito, e os demais níveis, em itálico negrito e itálico sem negrito. Exemplo: ITEM; Subitem 1; Subitem 2. As páginas devem ser numeradas no canto superior direito.

Título: Deve conter no máximo 25 palavras e ser digitado em caixa alta e centralizado, nas versões das línguas portuguesa e inglesa. Deve ser conciso e exprimir com clareza o conteúdo do trabalho.

Autoria: Deve ser apresentada logo após o título, com nome(s) completo(s) do(s) autor(es) alinhado(s) à esquerda, numerado(s) de forma sobrescrita, apresentando, abaixo, a sequência numérica indicando a instituição de origem, estado, cidade e país. Um dos autores deverá ser identificado com asterisco (*) indicando ser aquele para interlocução, acompanhado de seu endereço eletrônico.

Resumo e Abstract: Devem ser apresentados em parágrafo único, sem citações bibliográficas, logo após a autoria, com informações que permitam a adequada caracterização do artigo como um todo. No caso de artigos originais, devem ser informados o objetivo, a metodologia aplicada, os resultados principais e as conclusões. Devem conter até 2.000 caracteres, incluindo espaços. O abstract deverá ser uma versão fiel do resumo.

Palavras-chave e Keywords: No máximo cinco Palavras-chave e Keywords apresentadas em seguida ao Resumo e ao Abstract, respectivamente, separadas entre si por ponto e iniciando com letra maiúscula.

Citação: As referências deverão ser apresentadas no texto por meio de números arábicos sobrescritos imediatamente após a citação feita, segundo a ordem em que apareçam no texto. Por exemplo: “O estudo foi considerado relevante em alguns casos^{1,2}, mas não em outros³⁻⁵. Conforme estudo de Souza et al. (2020)⁶, foi observado...”.

Figuras e Tabelas: Serão aceitas figuras (fotografias e gráficos) e tabelas que sejam essenciais ao bom entendimento do trabalho. Contudo, não serão aceitas aquelas meramente decorativas. Figuras e tabelas que não sejam originárias do autor do manuscrito devem estar acompanhadas da referência da fonte extraída na sua legenda. Qualquer figura ou tabela deve ser

referenciada antecipadamente no texto. Por exemplo: “A figura 1 apresenta... ou ...os resultados foram semelhantes (tabela 1)”. As ilustrações deverão estar em boa qualidade de resolução para serem publicadas e serem numeradas em algarismo arábico. Todas as figuras e tabelas devem possuir legendas; localizadas abaixo, no caso de figuras, e acima, no caso das tabelas.

REFERÊNCIAS

A Revista CML adotará o estilo Vancouver para formatação das referências que pode ser acessado em para fins de consulta em: https://fiocruz.br/bibcb/media/comreferenciarecitarsegundoEstiloVancouver_2008.pdf

As referências bibliográficas devem ser listadas de acordo com a ordem de aparecimento no texto e indicadas por números arábicos.

O último sobrenome do autor deve ser citado com a primeira letra maiúscula e o restante em minúsculo seguido pelas iniciais do nome e sobrenomes intermediários, se houver, sem vírgula e sem ponto (ex.: Barbosa JA). Caso o artigo tenha mais de seis autores, mencionam-se os seis primeiros seguidos da abreviatura “et al.”

Não serão utilizados destaques gráficos, tais como negrito, sublinhado ou itálico, na composição das referências. Exemplos de formatação das referências estão apresentados abaixo.

1 ARTIGOS PUBLICADOS EM PERIÓDICOS CIENTÍFICOS

Autor/es. Título do artigo. Abreviatura internacional da revista. Ano;volume(número): página inicial-final do artigo.

Exemplos:

Manente R, Vieira EM, Costa PB, Silva, RHA. É possível a utilização de medidas do nível de reabsorção óssea alveolar na maxila e mandíbula para a estimativa de destreza manual? Um estudo piloto. Revista CML. 2020;5(1):27-33.

Rodrigues M, Guedes M, Augusti R, Marinho PA. Contaminação de cocaína em cédulas de dinheiro em Belo Horizonte - MG. Rev. Virtual Quim. 2013;5(1):125-136.

2 MATÉRIA DE JORNAL

Autor (es). Título do artigo/matéria. Nome do jornal. Dia mês ano; seção ou caderno: página (coluna).

Exemplo:

Nóbrega F. Pernambuco recebe “robô” para acelerar análise de amostras de DNA de crimes sexuais. Folha de Pernambuco. 15 out 2020; Caderno notícias.

3 LIVROS

Autor/es. Título do livro. Edição. Lugar de publicação: Editora; ano.

A edição deverá ser especificada apenas a partir da segunda edição em diante.

Exemplo:

Passagli M. Toxicologia forense - teoria e prática. 6. ed. Campinas: Millennium Editora; 2023.

4 CAPÍTULO DE LIVRO

Autor(es) (sobrenome por extenso) Prenome(s) (iniciais). Título do capítulo referenciado. In: Autor(es) do livro. Título do livro: (subtítulo se houver). Edição (a partir da 2ª). Local de publicação (cidade): Editora; ano de publicação. Paginação da parte referenciada.

Exemplos:

Dias SM, Velho JA. Acidentes de trânsito. In: Velho JA, Geiser GC, Espindula A. Ciências forenses: uma introdução às principais áreas da criminalística moderna. 2. ed. Campinas: Millennium Editora; 2013. p. 109-111.

5 DOCUMENTOS ELETRÔNICOS

Autores. Título [internet]. Lugar de publicação: Editor; ano de publicação [data de acesso]. Endereço eletrônico.

Exemplos:

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Reincidência criminal no Brasil [internet]. Rio de Janeiro: IPEA; 2015 [acesso em 29 out 2021]. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=25590

Sá LL, Souza GCA, Mendes LMM. Aplicação da radiologia forense no IML-BH. Revista CML [internet]. 2019 [acesso 12 out 2021]; 4(1):16-23. Disponível em: <http://revistacml.com.br/wp-content/uploads/2020/03/RCML-02-2019.pdf>

6 TESE, DISSERTAÇÃO, MONOGRAFIA, PROJETO DE PESQUISA E DEMAIS TRABALHOS ACADÊMICOS

Autor. Título (subtítulo se houver) [tipo de documento]. Cidade: Instituição onde foi defendida; ano.

Exemplos:

Batista CV. Estabilidade alélica dos marcadores forenses nas leucemias [Dissertação]. Porto: Instituto de Ciências Biomédicas de Abel Salazar da Universidade do Porto; 2009.

Coutinho GD. Crimes Hediondos [Trabalho de conclusão do curso]. Belo Horizonte: Faculdade de Direito. Universidade Federal de Minas Gerais; 2004.

7 TRABALHOS APRESENTADOS EM EVENTOS

Autor(es). Título do trabalho. In: Tipo de publicação, número e título do evento; data do evento (dia mês ano); cidade e país de realização do evento. Cidade (da Editora): Editora ou Instituição responsável pela publicação; ano de edição (nem sempre é o mesmo do evento). Paginação do trabalho ou do resumo.

Exemplo:

Marinho PA, Alvarez-Leite EM. Quantificação de LSD em amostras ilícitas por cromatografia líquida de alta eficiência. In: Anais do XVI Congresso Brasileiro de Toxicologia; 2009; Belo Horizonte (BR). Revista Brasileira de Toxicologia. São Paulo: Sociedade Brasileira de Toxicologia; 2009. p. 42.

8 RELATÓRIOS TÉCNICOS E CIENTÍFICOS

Autor(es) pessoal ou institucional. Título do relatório. Cidade; ano.

Exemplos:

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo demográfico do Brasil. Rio de Janeiro; 2020.

Anvisa - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Relatório de atividades 2017/2018. Grupo de trabalho para classificação de substâncias controladas (Portaria nº 898/2015). Brasília; 2019.

9 DOCUMENTAÇÃO JURÍDICA

Autor. Título da lei/decreto/resolução. Descrição. Nome do boletim oficial. Data de publicação.

Exemplos:

Brasil. Resolução nº 9, de 13 de abril de 2018. Dispõe sobre a padronização de procedimentos relativos à coleta compulsória de material biológico para fins de inclusão, armazenamento e manutenção dos perfis genéticos nos bancos de dados que compõem a rede integrada de bancos de perfis genéticos. Diário Oficial da União. 26 abr 2018.

Brasil. Decreto n.º 7.950, de 12 de março de 2013. Institui o banco nacional de perfis genéticos e a rede integrada de bancos de perfis genéticos. Diário Oficial da União. 13 mar 2013.

