

Abordagens radiológicas na medicina legal: estratégias para identificação humana em casos forenses

A.D. Silva ^{a,*}, V.P. Gonçalves ^a, L.R. Viana ^a, V.P.C. Silva ^a

^a Centro Universitário de Patos de Minas, Patos de Minas (MG), Brasil

*Endereço de e-mail para correspondência: alinedornelas@unipam.edu.br. Tel.: +55-34-99889-7177.

Recebido em 06/07/2024; Revisado em 10/09/2024; Aceito em 09/10/2024

Resumo

A Medicina Legal aplica princípios médicos no campo jurídico e a Antropologia Forense é fundamental para a identificação de indivíduos desconhecidos. Nesse campo, técnicas de imagem têm ganhado destaque devido aos avanços tecnológicos, emergindo como ferramentas cruciais na identificação humana, especialmente em desastres em massa. O objetivo deste estudo foi revisar o uso de técnicas radiológicas na identificação forense de cadáveres. A metodologia incluiu a análise de 22 artigos completos, publicados entre 2007 e 2023, em português, inglês, alemão e espanhol, encontrados nas bases de dados *PubMed* e *Google Scholar*. Os resultados mostraram que as técnicas utilizadas incluem radiografias tradicionais e dentárias, tomografias computadorizadas (TC), angiotomografias e ressonâncias magnéticas (RM) *post-mortem*. Além de sua aplicabilidade na identificação humana, essas técnicas são úteis para realizar reconstruções craniofaciais em 2D e 3D e para a identificação de lesões. Em conclusão, as técnicas de imagem são promissoras na identificação forense por oferecerem um método minimamente invasivo e por complementar, mas não substituir, as autópsias convencionais. No entanto, enfrentam desafios como a falta de padronização e custos elevados.

Palavras-Chave: Medicina Legal; Radiologia Forense; Identificação Humana; Post-Mortem.

Abstract

Legal Medicine applies medical principles in the legal field and Forensic Anthropology is essential for the identification of unknown individuals. In this field, imaging techniques have gained prominence due to technological advancements, emerging as crucial tools in human identification, especially in mass disasters. The objective of this study was to review the use of radiological techniques in forensic identification of corpses. The methodology included the analysis of 22 full articles, published between 2007 and 2023, in Portuguese, English, German, and Spanish, found in the *PubMed* and *Google Scholar* databases. The results showed that the techniques used include traditional and dental radiographs, computed tomography (CT), angiography, and post-mortem magnetic resonance imaging (MRI). Besides their applicability in human identification, these techniques are useful for performing 2D and 3D craniofacial reconstructions and identifying injuries. In conclusion, imaging techniques are promising in forensic identification as they offer a minimally invasive method and complement, but do not replace, conventional autopsies. However, they face challenges such as a lack of standardization and high costs.

Keywords: Legal Medicine; Forensic Radiology; Human Identification; Post-Mortem.

1. INTRODUÇÃO

A área da Medicina conhecida como Medicina Legal é caracterizada pela aplicação dos princípios médicos, tecnologias e disciplinas correlatas ao campo jurídico, abarcando tanto a elaboração quanto a aplicação das leis [1]. Um dos aspectos fundamentais dessa disciplina é a identificação de indivíduos desconhecidos, denominada Antropologia Forense [2]. Esta atividade geralmente envolve a comparação de características pós-morte

observáveis com informações prévias sobre a pessoa em vida, especialmente aquelas relacionadas a aspectos físicos [3]. Diversos métodos são empregados para este fim, e a Radiologia tem se destacado cada vez mais devido aos avanços tecnológicos em técnicas de imagem.

A Radiologia teve sua origem em 1895, quando Wilhelm Conrad Roentgen descobriu os raios X acidentalmente durante experimentos com descargas elétricas em ampolas de Crookes [4]. Esta descoberta foi rapidamente aplicada em investigações forenses, como

demonstrado por Arthur Schuster em 1896 ao realizar radiografias da cabeça de uma mulher vítima de disparos de arma de fogo, permitindo a localização precisa dos projéteis [4]. A utilização de técnicas de imagem para identificar indivíduos desconhecidos remonta a 1927, quando Culbert e Law evidenciaram a individualidade das variações morfológicas dos seios nasais, estabelecendo-as como características distintivas na determinação da identidade humana [5,6].

Essas técnicas de imagem são especialmente úteis em situações onde métodos convencionais de identificação, como reconhecimento visual ou datiloscopia são inviáveis, sendo cruciais em casos de fatalidades em massa, como desastres naturais e acidentes aéreos há várias décadas [1,5]. A Radiologia, portanto, é um método estabelecido e versátil, oferecendo uma variedade de exames úteis em diversas circunstâncias. Radiografias e tomografias computadorizadas (TC) são os exames mais comumente utilizados devido à sua ampla disponibilidade, embora ressonâncias magnéticas (RM) também desempenhem um papel significativo [7].

A capacidade de reconstrução 2D e 3D, em particular a reconstrução craniofacial, é uma tecnologia relativamente recente que utiliza imagens de TC e RM como base, orientando a reconstituição de características faciais por profissionais qualificados ou por meio de *softwares* especializados [8,9]. Embora a autópsia convencional seja geralmente preferida na maioria dos casos de identificação de cadáveres, o uso de técnicas de imagem, principalmente radiografias e TC, é uma prática estabelecida em muitos contextos, principalmente devido à sua natureza minimamente invasiva e seu potencial para complementar a necropsia tradicional [10].

A análise dos ossos é uma estratégia comum na antropologia forense, permitindo a determinação de características como sexo, altura e idade, além de outros aspectos relevantes para a identificação [10,1,2]. Além disso, a presença de tecido cicatricial, dispositivos médicos, patologias específicas e características morfológicas incomuns também podem ser analisadas, facilitando o processo de reconhecimento de corpos desconhecidos [10,4].

Este artigo tem como objetivo principal revisar as abordagens radiológicas aplicadas à identificação humana no contexto médico-legal, destacando sua importância para a antropologia forense, e discutir as estratégias empregadas no reconhecimento de indivíduos desconhecidos, assim como suas vantagens e limitações no cenário atual.

2. METODOLOGIA

A metodologia desta revisão exploratória e integrativa da literatura foi projetada para fornecer uma visão

abrangente das estratégias radiológicas utilizadas na identificação humana em contextos forenses.

Os critérios de inclusão para esta revisão foram definidos para garantir a relevância e a qualidade dos estudos selecionados. Assim, foram incluídos artigos publicados entre 2007 e 2023, com texto completo disponível gratuitamente e anexados ao *PubMed (MEDLINE)* e/ou *Google Scholar*. Os artigos deveriam estar nos idiomas português, inglês, alemão ou espanhol. Além disso, os estudos selecionados deveriam abordar estratégias radiológicas utilizadas na identificação humana em casos forenses, incluindo radiografias, tomografias computadorizadas, ressonâncias magnéticas e outras técnicas de imagem. Excluímos artigos com texto parcialmente disponível, publicados em idiomas diferentes dos especificados, ou que não tratassem especificamente de estratégias radiológicas na identificação humana em casos forenses. Esses critérios estão elucidados na **Tabela 1**.

Tabela 1. Critérios para inclusão e exclusão de artigos para análise.

INCLUSÃO	EXCLUSÃO
Publicações entre 2007 e 2023; Artigos indexados nas bases PubMed e Google Scholar; Texto completo e gratuito; Publicações em português, inglês, alemão e espanhol.	Texto parcialmente disponível; Publicações em outros idiomas; Artigos não pertinentes ao tema.

O processo de seleção de estudos foi realizado em duas etapas. Na triagem inicial, os títulos e resumos dos artigos identificados foram avaliados para determinar sua relevância com base nos critérios de inclusão e exclusão. Estudos claramente não pertinentes foram excluídos nesta fase. Na avaliação completa, os textos completos dos 22 artigos selecionados na triagem inicial foram analisados detalhadamente.

Os dados foram extraídos utilizando um formulário padronizado que incluía informações sobre a identificação do estudo (título, autores, ano de publicação, fonte), técnicas radiológicas (tipo de técnica radiológica utilizada), aplicações forenses (contexto em que a técnica foi aplicada) e resultados e conclusões (principais achados do estudo, vantagens e limitações das técnicas, implicações para a prática forense). Os dados extraídos foram sintetizados de forma narrativa, incluindo uma descrição detalhada das diferentes técnicas radiológicas e suas aplicações, comparação das técnicas em termos de precisão, eficiência e aplicabilidade prática, discussão das vantagens e limitações de cada técnica, e identificação de lacunas na literatura e sugestões para pesquisas futuras.

A revisão de literatura não envolveu a coleta de dados originais de participantes humanos ou animais, portanto,

não foram necessárias considerações éticas específicas. No entanto, todos os estudos incluídos na revisão foram avaliados para garantir que atendem aos padrões éticos apropriados. Esta revisão de literatura não foi registrada em uma base de dados específica de protocolos de revisão sistemática devido à natureza narrativa e flexível do estudo.

3. RESULTADOS

A **Tabela 2** sintetiza os artigos que foram utilizados na presente revisão de literatura, contendo informações relevantes sobre eles, como a referência do estudo, o ano de publicação, o título e os principais achados de cada artigo.

4. DISCUSSÃO

A decomposição é definida como a degradação dos tecidos devido à perda da integridade celular que ocorre após a morte e os dois processos principais são a autólise e a putrefação. Dessa forma, na autólise ocorre a gastromalácia, em que os ácidos gástricos do estômago se acumulam no fundo gástrico e causam perfuração, o que leva a liberação de gás na cavidade peritoneal. Nessa mesma perspectiva, os primeiros indícios da putrefação são manchas esverdeadas em região de fossa ilíaca direita, isso ocorre devido estar anatomicamente próxima ao ceco, que é colonizado por bactérias [11].

Outro evento importante *post-mortem* é a hipóstase, que se trata do aumento da atenuação de órgãos afetados e dos compartimentos que contêm líquidos, ou seja, a vasculatura e os tecidos. Dessa forma, o sangue se separa em soro e eritrócitos nos grandes vasos, levando a uma sedimentação intravascular, evento que acontece em média, durante 2 horas [12].

Matérias humanas em decomposição avançada, corpos carbonizados e ossadas são de investigação e competência da antropologia forense, o que leva o médico legista a utilizar os seus conhecimentos teórico-práticos e lançar mão de métodos radiológicos para reconhecimento e contribuição legislativa. A antropologia forense é a área de atuação radiológica que tem como objetivo a identificação de cadáveres irreconhecíveis, a qual irá comparar achados que se assemelham à documentação obtida [13].

Toda morte, causada por acidente ou violência, seja ela homicídio ou suicídio, são resultantes, respectivamente, de incidentes não naturais acidentais e intencionais. Nesse caso, são rotuladas como mortes por causas externas e devem obrigatoriamente passar pelo Instituto Médico Legal (IML) para que seja realizado a autópsia [14].

A autópsia é dada como padrão-ouro para avaliação de achados cadavéricos, e se for financeiramente e logisticamente possível, poderá ser complementada por

radiografia simples e dentária, ultrassonografia, tomografia computadorizada e ressonância magnética, com a finalidade de aprimorar os achados [15].

Os exames forenses são realizados quando há um pedido exigido pelas autoridades competentes, como delegados, promotores, juízes e as autoridades militares investigadoras. Além disso, quando solicitado, a inspeção deve ser realizada conforme a ordem e regimento prescritos pelo IML, não podendo alterar a ordem dos exames [16].

Nesses casos, a utilização de imagens *post-mortem* podem ser aplicadas para identificação de vítimas e como auxílio na determinação de causas de morte, sobretudo em casos relacionados ao trauma, lesões no pescoço, hemorragia interna e mortes causadas por projéteis. Para isso, os requisitos mínimos exigidos do perfil do profissional se baseiam em domínio da anatomia *post-mortem* e dos processos de decomposição anteriormente mencionados, experiência em medicina forense e/ou patologia e estar preparado para fornecer provas periciais em tribunal [17].

4.1. Radiografia simples, radiografia dentária e fluoroscopia

A radiografia dentária é utilizada rotineiramente em processos investigativos de corpos mutilados, decompostos, queimados ou fragmentados [18]. Diante disso, é realizada ao combinar imagens da maxila e da mandíbula com diagramas que representam o que é esperado no desenvolver do ser humano, conseguindo então identificar a idade estimada. Além disso, os dentes possuem grande resistência ao fogo, com temperatura máxima de 1000°C, sendo de viável utilização em corpos carbonizados. A identificação a partir da radiografia dentária se dá devido comparação de radiografia *ante-mortem* e *post-mortem* avaliando dentes presentes, dentes perdidos, estrutura da coroa, anatomia pulpar, desgastes, patologias, oclusões e morfologia da raiz [19].

Nesses casos, um estudo demonstrou que a sobreposição de uma radiografia *ante-mortem* dos seios frontais da vítima suspeita sobre uma radiografia *post-mortem* ajudou a fazer a identificação correta em 100% dos casos utilizados [19].

O escaneamento dentário é importante por oferecer benefícios de se obter dados, para além da idade do indivíduo, tais como sexo do indivíduo, grupo sanguíneo, impressão labial e identificação de marcas de mordida com um ótimo custo-benefício e relativa rapidez de identificação [20].

A radiologia simples (raio X) é bastante utilizada devido sua fácil administração, baixo custo e ser minimamente invasivo [21]. Caso haja fotografias preliminares do paciente *ante-mortem* será útil, deve-se garantir que o caminho do feixe radiográfico

Tabela 2. Principais achados dos artigos utilizados nesta revisão, de 2023 a 2008.

Referência/ano	Título	Achados principais
[13] / 2023	Radiologia Forense: identificação de corpos por imagens de tomografia computadorizada	<ul style="list-style-type: none"> Reconstrução digital tridimensional da face: é um método auxiliar na identificação de restos mortais humanos quando estão em formato de esqueleto→ permite o direcionamento da identificação, por meio de exames comparativos como o exame de arcada dentária ou de DNA.
[18] / 2023	Aplicabilidade da radiologia forense na medicina legal	<ul style="list-style-type: none"> Radiografia odontológica: recomendada para auxiliar a radiologia forense na análise de corpos mutilados, decompostos, queimados ou fragmentados, técnica na qual examina-se a arcada dentária.
[24] / 2023	Ultrasonography on the non-living. Current approaches.	<ul style="list-style-type: none"> US é importante no diagnóstico pós morte fetal e neonatal. TC é método padrão de imagem <i>post-mortem</i>→ sofre menor interferência da formação de gás. Angiotomografia: detecção de fontes de sangramento. RX: usado para achados dentários ou localização de material osteossintético. Limitações RM: gases, falta de circulação e baixa temperatura corporal→ dificulta a ação de contrastes. Indicação de radiografia convencional: fraturas e corpos estranhos. Indicação de TC: alterações teciduais→ Alzheimer e demência por corpos de Lewy. Vantagens da US: baixo custo, alta disponibilidade, amostragem de tecido <i>post-mortem</i> minimamente invasiva.
[15] / 2023	Uso do diagnóstico por imagem aplicado à Medicina Forense	<ul style="list-style-type: none"> A autópsia é padrão ouro para avaliação de achados cadavéricos, podendo ser complementada por exames de imagem.
[20] / 2022	Dental Radiographic/Digital Radiography Technology along with Biological Agents in Human Identification	<ul style="list-style-type: none"> Importância do escaneamento dentário: importante para obter estimativa de sexo e idade, técnicas médico-biológicas, grupo sanguíneo, impressão labial e identificação de marcas de mordida. Importância da odontologia legal: ótimo custo benefício e facilidade de uso→ facilitaria a mais rápida identificação humana.
[16] / 2021	Radiologia Forense	<ul style="list-style-type: none"> Identificação de corpos carbonizados: raio X, com incidências de crânio AP, Perfil (se houver projétil), tórax AP e abdômen AP. Doses de radiação no RX: normalmente é semelhante à utilizada em um paciente com vida→ radiografia de membros é de 0,01msv e tórax é de 0,02msv→ dose relativamente baixa. Doses de radiação na TC: pode variar entre 1,5 mSv a 6 mSv.
[26] / 2021	A review of visualization techniques of post-mortem computed tomography data for forensic death investigation	<ul style="list-style-type: none"> Usabilidade TC post mortem (TCMP): fraturas ósseas, hemorragia, lacerações parenquimatosas, acúmulo livre de gás intracorporal e presença de corpos estranhos. Aplicações forenses TCPM: ferramenta de triagem para autópsia, reconstrução dos acontecimentos e identificação de corpos. Visualização em 2D: detalhes sutis. Visualização em 3D: mantém a anatomia→ ideal para médicos leigos e apresentação de casos em tribunal. Métodos MIP e MinIP: geram imagens em 2D. MIP: destaque de materiais com alta densidade→ localização e determinação de corpos estranhos. MinIP: destaque de materiais com baixa densidade→ visualização de embolia gasosa, enfisema, gases de decomposição ou brônquios repletos de líquido. Aplicações da impressão 3D: reconstrução facial forense, combinação de armas, apresentação de provas em juízo, reconstrução de evidências antropológicas, e para fins educacionais.
[25] / 2020	Post-mortem computed tomography for forensic applications: A systematic review of gunshot deaths	<ul style="list-style-type: none"> Aplicação da radiografia simples e fluoroscopia: identificar a presença e localização de projéteis metálicos. TCPM: utilizada também em casos de suicídio para determinar sua modalidade. TCPM em lesões por arma de fogo: detecção de ferimentos de entrada e saída (sem discriminação entre eles), localização da trajetória e fornecimento de informações precisas sobre danos aos órgãos.
[29] / 2020	Decoding death by unknown causes using post mortem image-guided virtopsy: A review of recent literature and	<ul style="list-style-type: none"> Benefícios TCPM: determinar padrões dentários estimar peso e altura para melhor identificação de cadáveres macerados, sobretudo os de morte súbita com causa não identificada. Angiografia por tomografia computadorizada <i>post-mortem</i> (ATCPM): aborda as limitações da TCPM→ avaliação de tecidos moles e estruturas vasculares.

	the Malaysian experience	<ul style="list-style-type: none"> • Limitações ATCPM: cadáver em estado avançado de putrefação→ levam a artefatos e dificuldade de interpretação de achados. • Ressonância magnética <i>post-mortem</i> (RMPM): útil em imagens cerebrais→ fornece mais detalhes, eficaz para imagens pediátricas, sobretudo para determinar a causa de óbito de lactentes, além de visualizar efeitos cardíacos adversos. • RMPM: fornece detalhes dos tecidos moles da coluna vertebral, região da cabeça e pescoço, abdômen e sistema cardiovascular, mas é limitado pelo alto custo de um scanner, longa duração do tempo de digitalização, aliado à dificuldade e expertise. • RMPM: T1 e T2→ baixa resolução de contraste, principalmente devido à queda da temperatura corporal. • Não há padronização de técnicas de imagem.
[22] / 2019	O uso de técnicas radiológicas na identificação forense de cadáveres	<ul style="list-style-type: none"> • Determinação da idade e gênero <i>post-mortem</i>: análise de crânio, clavícula e pelve.
[30] / 2019	The value of post-mortem computed tomography of burned victims in a forensic setting	<ul style="list-style-type: none"> • Benefícios da TCPM em queimados: permite a identificação de vítimas→ implantes perfeitamente visíveis, mostra sinais ocultos de trauma, corpos estranhos e coleções de gases são facilmente detectados. • Limitações da TCPM em queimados: a causa da morte e os sinais de vitalidade não podem ser avaliados na imagem, apenas por autópsia convencional. • TCPM antes da autópsia é um complemento na investigação forense <i>post-mortem</i> de vítimas queimadas.
[11] / 2018	The artefacts of death: CT post-mortem findings	<ul style="list-style-type: none"> • Artefatos comuns da TCPM: subluxação rotatória da coluna cervical em casos não traumáticos, <i>livor mortis</i> percebido pelo aumento da densidade nos pulmões (opacidade em vidro fosco com margem relativamente reta), espessamento da pele dependente e formação de hematócrito nos vasos e em câmaras grandes. • Limitações: durante as fases da putrefação, o uso de imagens pode ser inespecífico.
[23] / 2016	The Utility of Advanced Imaging in Forensic Anthropology	<ul style="list-style-type: none"> • Radiografia <i>post-mortem</i> dos ossos: detecta resquícios de chumbo (ferimentos por arma de fogo), revela características úteis da estrutura óssea interna, como as epífises (determinação da idade), apresenta sinais de remodelação óssea (fator individualizante do indivíduo que pode facilitar sua identificação). • Determinação da idade: em crianças→ análise epifisária e padrão de formação e erupção dentária; em adultos→ ossificação da cartilagem laríngea e costal, sinais de osteoporose e osteoartrite (no adulto não é muito utilizado→ achados imprecisos). • Ossificação da cartilagem costal: usada para determinar o sexo. • Limitações: sobreposições e problemas de posicionamento do indivíduo→ pode alterar ângulos, tornando problemática a avaliação da forma e qualquer tipo de coleta de medidas. • Bases de dados disponíveis: Estudo de Crescimento de Denver, Estudo Longitudinal de Fels, PATRICIA, bancos de dados da NCSU. • Mais estudos de validação são necessários para garantir que os marcos e medidas fornecidos pela TCPM são fidedignos, de maneira a serem usados em análises métricas antropológicas. • Estimar o sexo a partir de características não métricas na pelve (púbis) e no crânio (glabela, margem supraorbital, processo mastóide, área nucal e eminência mental) a partir de modelos de TC renderizados→ bons resultados com baixas taxas de erro.
[12] / 2016	Post-mortem CT and MRI: appropriate post-mortem imaging appearances and changes related to cardiopulmonary resuscitation	<ul style="list-style-type: none"> • Diminuição da temperatura <i>post-mortem</i>→ baixo sinal de gordura. • Cérebro <i>post-mortem</i> resfriado→ sinal do coeficiente de difusão aparente (ADC) reduzido no parênquima, mas encontra-se normal em diferentes partes do cérebro, como a substância branca. • Hipóstase: aumento da atenuação dos órgãos afetados, dos compartimentos que contêm líquido (vasculatura e tecidos), o sangue separa-se em soro e eritrócitos em grandes vasos→ sedimentação intravascular (ocorre em 2 horas).
[27] / 2015	Post-mortem imaging compared with autopsy in trauma victims – A systematic review	<ul style="list-style-type: none"> • A TCPM detecta a maioria das lesões graves em órgãos e tecidos moles e muitas lesões esqueléticas adicionais. Lesões aórticas, órgãos menores e tecidos moles são frequentemente ignoradas pelas técnicas de imagem <i>post-mortem</i>→ principal limitação atual. • Autópsia convencional→ continua sendo a técnica superior para detecção de lesões de órgãos e tecidos moles em todas as regiões do corpo. • TCPM pode detectar com segurança pequenas quantidades de gás e é superior à autópsia para detectar lesões relacionadas a gases.
[19] / 2015	Forensic radiology: An emerging tool in identification	<ul style="list-style-type: none"> • A sobreposição de uma radiografia <i>ante-mortem</i> dos seios frontais da vítima suspeita sobre uma radiografia <i>post-mortem</i> ajudou a fazer a identificação correta em 100% dos casos. • TCPM: não é possível a utilização de contraste para diferenciar tecidos moles e estruturas vasculares. • Fluoroscopia: muito utilizada para detectar pacotes de drogas em cavidades corporais.

[32] / 2015	Application of contrast media in post-mortem imaging (CT and MRI)	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicação de contraste: angiografia <i>post-mortem</i> (APM). • Contraste por líquidos aquosos: restrito a análises de artérias coronárias. • Contraste por mistura oleosa: equilíbrio de viscosidade é importante para se evitar riscos de extravasamento→ Angiofil® é um bom exemplo. • Angiotomografia multifásica <i>post mortem</i>, comparada com a autópsia convencional detecta menos patologias dos órgãos, porém detectou significativamente melhor as lesões essenciais→ combinação dos dois métodos é recomendada.
[34] / 2014	Virtual anthropology and forensic identification using multidetector CT	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicações da RMPM na antropologia: avaliação da idade, identificação comparativa (imagens <i>ante-mortem</i> e <i>post-mortem</i>), identificação reconstrutiva e identificação de lesões. • Identificação comparativa, determinação do sexo e idade: análises ósseas específicas.
[21] / 2012	Post-mortem computed tomography and 3D imaging: anthropological applications for juvenile remains	<ul style="list-style-type: none"> • Técnicas radiográficas, como radiografia simples, radiografias dentárias e fluoroscopia, são utilizadas como técnicas alternativas e menos invasivas de avaliação antropológica. • Limitação: não há um protocolo padronizado para esta técnica, o que impossibilita o uso da técnica para identificação de vítimas de desastres e para ser aceito nacionalmente como padrão forense.
[31] / 2011	Human identification based on cranial computed tomography scan: a case report	<ul style="list-style-type: none"> • Importância da TC: identificação do corpo em decomposição de restos humanos e auxiliando na descoberta da causa da morte, por meio da comparação com exames de imagem previamente produzidos e devidamente arquivados.
[33] / 2009	Forensische Radiologie	<ul style="list-style-type: none"> • Sonografia: exame de ultrassonografia aplicado em cadáveres. Foram encontrados resultados relevantes para determinar objetivamente causas de morte apenas em 25% dos cadáveres examinados. • Angiografia com meio de contraste: visualização <i>post-mortem</i> de fontes de sangramento, indicada para mortes causadas por lesões cerebrais traumáticas contundentes, mortes relacionadas com cirurgia vascular ou procedimento intervencionista em vasos e sangramento intraoperatório.
[17] / 2008	Post-mortem radiology - a new sub-speciality?	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicação das imagens <i>post-mortem</i>: morte relacionada ao trauma, lesão no pescoço, hemorragia devido à ruptura de órgãos ou vasos internos, bem como o caminho e os efeitos dos projéteis penetrantes nos órgãos internos e nos ossos. • Requisitos mínimos: capacidade de compreensão completa da anatomia <i>post-mortem</i> e dos processos de decomposição, especialmente putrefação, possuir experiência em medicina forense e/ou patologia e estar preparado para fornecer provas periciais a um tribunal.
[28] / 2008	Imaging cadavers: cold FLAIR and noninvasive brain thermometry using CSF diffusion	<ul style="list-style-type: none"> • É possível identificar a temperatura corpórea do cadáver por meio de sequências TW1 e TW2.

seja idêntico para a comparação [22]. Caso haja fotografias preliminares do paciente *ante-mortem* será útil, deve-se garantir que o caminho do feixe radiográfico seja idêntico para a comparação. Por outro lado, se não houver radiografias anteriores, o foco no *post-mortem* deverá ser a determinação da idade e do gênero com base em crânio, clavícula e pelve, de forma geral [22], entretanto, outro estudo afirma que a análise dessas estruturas é mais eficiente quando utilizada a TCPM [23].

De maneira mais específica, a análise de epífises e erupções dentárias são essenciais para a determinação da idade em cadáveres infantis, enquanto que para adultos, são realizadas análises da ossificação da cartilagem laríngea e costal, além da análise de presença de sinais de osteoporose e/ ou osteoartrite [23].

Nesses casos em que há ausência de imagens *ante-mortem* do indivíduo, também exista a possibilidade de comparação das imagens obtidas do paciente *post-mortem* com imagens de bases de dados, disponíveis: Estudo de crescimento de Denver, Estudo Longitudinal de Fels,

PATRICIA e bancos de dados da NCSU, que permitem a comparação dessas imagens por IA, de maneira a facilitar a detecção de alterações [23].

Os benefícios do raio X aplicado à área forense se dá pela possibilidade de identificação de corpos carbonizados, por meio de incidências de crânio em AP, perfil (em casos de presença de projétil), além das incidências no tórax e abdômen em AP. Ademais, o Raio X serve para análise da localização de projéteis metálicos e materiais osteossintéticos [24].

Para que o exame seja realizado *post-mortem*, as doses de radiação não se alteram relativamente quando comparadas às doses utilizadas no *ante-mortem*, sendo, em média de 0,01 msv em radiografias de membros e 0,02 msv em radiografias de tórax, valores relativamente baixos [16].

Outra aplicação se dá por meio do uso da fluoroscopia que, além de ser um exame de baixo custo e minimamente invasivo [21], também permite a identificação de projéteis

metálicos [25] e de pacotes de drogas em cavidades corporais [19].

Limitações do uso da radiografia na prática forense residem na presença de sobreposições e dificuldade de posicionamento do indivíduo, que pode alterar ângulos cruciais, que são usados para a realização de medidas e análise de formatos [23].

4.2. Tomografia Computadorizada e angiotomografia

A Tomografia Computadorizada *Post-Mortem* (TCPM) é o novo método alternativo para a radiologia forense, considerado método padrão [24]. Por meio do uso de doses de radiação de 1,5mSv a 6 mSv ela distingue as densidades e auxilia na construção de estruturas faciais em 2D e 3D através de *softwares* fidedignos capazes de reconstruir a musculatura e realçar detalhes sutis que poderiam passar despercebidos, como em casos de autoextermínio em que a pessoa não é identificada [16]. As informações encontradas podem ser fornecidas a médicos leigos na área forense, juízes, procuradores e advogados, os quais interpretam uma imagem de visualização compreensível, principalmente pelo uso da impressão 3D, que permite a reconstrução craniofacial forense e a combinação de armas, por exemplo, que fornecem provas concretas e de fácil compreensão para profissionais que, inclusive, não são da área [26].

Na tomografia computadorizada, os métodos MIP e MinIP oferecem tecnologia para a geração de imagens em 2D. A tecnologia MIP destaca materiais com alta densidade, dessa forma, torna-se útil para a localização e determinação de corpos estranhos. A MinIP, por sua vez, destaca materiais com baixa densidade, tornando-se útil para a visualização de estruturas gasosas ou líquidos, como embolia gasosa, enfisema, gases de decomposição ou brônquios repletos de líquido que podem revelar aspectos cruciais para auxiliar a autópsia convencional [26]. Esses recursos 2D e 3D, ao possibilitarem a realização da reconstrução craniofacial, se apresentam como ferramentas importantes para a identificação humana em acidentes em massa, de forma a auxiliar a autópsia convencional.

A TCPM é utilizada para identificar lesões, corpos estranhos, fraturas, alterações teciduais, como em casos de Alzheimer e demência por corpos de Lewy [24] e em casos de suicídio, para a identificação de sua modalidade [25]. A TCPM detecta a maioria das lesões graves em órgãos e tecidos, entretanto, sua principal limitação se dá para a análise de estruturas como aorta, órgãos menores e tecidos moles, pois são frequentemente ignoradas pelas técnicas de imagem [27]. Sendo assim, para a análise dessas estruturas, a autópsia convencional permanece superior à análise por imagem [27]. Além disso, para a avaliação dessas estruturas, o uso de contraste não é possível, o que dificulta ainda mais essa análise [19].

É possível também determinar visualmente se a temperatura de um cadáver está abaixo de 10°C ou 20°C com base no contraste da imagem em sequências ponderadas em T1 (TW1) e T2 (TW2). Em imagens TW2, as baixas temperaturas corporais resultam em uma diminuição do contraste entre gordura e tecido muscular, enquanto aumentam o contraste entre água e gordura, e produzem um ligeiro aumento no contraste entre água e tecido muscular [28].

As tomografias *ante-mortem* são extremamente úteis para realizar comparação com as TCPM. Porém, em casos de sobreposição que contam com a detecção de gases pode haver diagnósticos errôneos se os órgãos, ligamentos ou vasos cadavéricos não estiverem nos locais esperados [13]. Em contrapartida, em casos de análise de pequenas quantidades de gás e lesões relacionadas, o uso da TCPM apresenta-se eficaz e inclusive mais precisa que a autópsia convencional [27].

Além disso, o uso da TCPM permite o direcionamento da identificação, por meio de exames comparativos, como o exame de arcada dentária ou de DNA [13]. Não há um consenso sobre o número de traços positivos encontrados na TCPM para estabelecer uma identidade, alguns autores trazem de uma a quatro características combinantes positivas e nenhuma discrepância, outros afirmam que é necessário uma série de fatores combinantes e inespecíficos, outrem, acreditam que faz necessário vários traços concordantes em ao menos duas áreas diferentes do corpo [21].

Na área forense, a TCPM permite determinar padrões dentários, estimar peso e altura, sobretudo para identificação de cadáveres macerados e os de morte súbita não identificadas [29]. Além disso, em cadáveres carbonizados, sua alta eficiência em identificar implantes, sinais ocultos de trauma, corpos estranhos e coleções de gases permitem a efetiva identificação da vítima. Nesses casos, seu benefício se dá apenas no âmbito da identificação da vítima e não na causa da morte, visto que os sinais de vitalidade não são passíveis de serem determinados pela imagem, o que demonstra que, nesses casos, a TCPM auxilia apenas como exame complementar e não substitutivo à autópsia convencional [30].

Em complementaridade, traços comumente encontrados na TCPM que podem auxiliar na autópsia e na identificação das causas da morte da vítima são: subluxação rotatória da coluna cervical em casos não traumáticos, *livor mortis* decorrente do aumento de densidade pulmonar, espessamento da pele e formação de hematócrito em vasos e grandes câmaras [10]. Todavia, esses achados podem ser inespecíficos dependendo do tempo após a morte que foi realizado o exame, pois pode ser influenciado pelo estado de putrefação o qual a vítima se encontra. Também nesses casos, a comparação com imagens *ante-mortem* auxiliam na descoberta da causa da

morte, sobretudo em estágios avançados de decomposição [31].

Para superar as limitações da TCPM, a angiotomografia emerge como um método útil para a avaliação de tecidos moles e estruturas vasculares para a detecção de fontes de sangramento [24,29]. Nesse sentido, a aplicabilidade se torna possível em casos de lesões por arma de fogo, por permitir a análise de ferimentos de entrada e de saída, além de determinação precisa da trajetória do projétil e das lesões nos órgãos [25]. Entretanto, essa técnica angiográfica apresenta limitações, que se encontram sobretudo devido ao estágio de putrefação em que o corpo se encontra, que além de dificultar a execução do exame, pode levar ao aparecimento de artefatos que dificultam a interpretação correta dos achados [29].

Para essa análise, há a possibilidade de uso de contrastes, que podem ter 2 composições diferentes. Em primeiro lugar, podem ser compostos por líquidos aquosos, quando se deseja analisar artérias coronárias. Em segundo lugar, podem ser uma mistura oleosa para evitar casos de extravasamento. Nesses casos, o Angiofil® é um bom exemplo [32]. Sua aplicabilidade se dá para a análise de fontes de sangramento para se obter uma maior acurácia e são indicados para mortes causadas por lesões cerebrais traumáticas contundentes, relacionadas com cirurgia vascular ou outro procedimento de intervenção em vasos [33].

Esse método, comparado à autópsia convencional, detecta menos patologia dos órgãos, porém detecta significativamente melhor as lesões essenciais e minuciosas. Dessa forma, a combinação dos dois métodos é fortemente recomendada [32].

4.3. Ultrassonografia

A Ultrassonografia quando aplicada em cadáveres, denomina-se sonografia e tem grande relevância em casos de morte fetal e neonatal, o qual pode ser realizado semanas após a morte e obter bons resultados. Apresentou vantagens quanto à disponibilização e o baixo custo financeiro e organizacional quando comparada a outros métodos. Por outro lado, o fator limitante para esse método de imagem seria o gás produzido e acumulado no abdômen durante a decomposição [24]. Além disso, quando aplicado como auxílio na determinação da causa da morte, apresentou eficácia apenas em 25% dos casos [33].

4.4. Ressonância Magnética

Embora a Ressonância Magnética (RM) seja um excelente método para avaliação de partes moles da coluna vertebral, região da cabeça e pescoço, sistema cardiovascular e abdômen, apresenta desvantagens significativas, como o alto custo, maior tempo de digitalização e dificuldade de interpretação das imagens.

Além disso, na área forense, fatores como a falta de circulação e baixa temperatura corporal dificultam a ação de contrastes, que seriam úteis para facilitar a identificação de estruturas [24]. Nessas condições, as imagens obtidas tanto em T1 quanto em T2 apresentam baixa resolução, principalmente devido à queda de temperatura corporal [29]. Isso resulta em alterações na visualização correta das estruturas: gorduras apresentam menor sinal e o cérebro apresenta sinal do coeficiente de difusão aparente (ADC) reduzido no parênquima [12].

Apesar dessas limitações, quando utilizada em cadáveres ainda em boas condições, a RM possui grande utilidade para imagens cerebrais, identificação de detalhes anatômicos e em exames *post-mortem* pediátricos. A RM é o melhor método para identificar eventos cardiovasculares adversos, como isquemia miocárdica, contusões cardíacas e lesão do miocárdio [29].

Além disso, na antropologia forense, o uso da ressonância magnética *post-mortem* (RMPM) e TCPM são amplamente utilizados para avaliação da idade, identificação comparativa e reconstrutiva e análise de lesões. Para a identificação comparativa utilizam-se achados como dispositivos cirúrgicos, fraturas e anomalias congênitas como auxílio [34]. Além disso, através da análise óssea minuciosa, é possível também realizar a determinação de sexo e idade do indivíduo a partir da avaliação de estruturas ósseas específicas [34,21].

Em suma, estudos apontam que apesar dos benefícios do uso desses exames como complementaridade da autópsia convencional, a falta de padronização na realização dos exames é um dos grandes desafios enfrentados para que o seu uso seja regulamentado [29,21]. Mais estudos de validação são necessários para garantir que os dados obtidos por esses exames, sobretudo a TCPM, são realmente fidedignos e passíveis de serem utilizados [23].

5. CONCLUSÕES

Os métodos de imagem na antropologia forense têm sido cada vez mais utilizados devido às técnicas não invasivas e de boa resolução. Acredita-se que a autópsia convencional poderá ser substituída em breve por exames forenses como TC e Raio-X, além de serem úteis na identificação de cadáveres irreconhecíveis, projéteis metálicos e fraturas. A RM, embora útil em cadáveres pediátricos e na identificação de eventos cardiovasculares, ainda é pouco utilizada em comparação com a TC e o Raio-X devido ao alto custo financeiro, ao tempo prolongado de exame e à complexidade na interpretação dos resultados. Portanto, embora a implementação dessa tecnologia forense ainda não seja desenvolvida em alguns locais, diversos estudos demonstram melhorias e facilidades na interpretação, investigação e realização da autópsia com o uso de técnicas de imagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] G.V. França. *Fundamentos de Medicina Legal, Grupo GEN*, Brasil (2018) 25-52.
- [2] A. Jamieson; A. Moenssens. *Wiley Encyclopedia of Forensic Science, John Wiley and Son Ltd*, United States of America (2009) 1-27.
- [3] R. Ciaffi; D. Gibelli; C. Cattaneo. Forensic radiology and personal identification of unidentified bodies: a review. *Radiol Med* **116**: 960–968 (2011).
- [4] M.J. Thali; M.D. Viner; B.G. Brodgon's *Forensic Radiology, CRC Press*, United States of America (2010) 9-23.
- [5] M.F.G. Pereira. Identificação Humana através das particularidades ósseas no exame radiográfico da coluna vertebral e tórax. *Dissertação de mestrado*, Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar, Universidade do Porto (2018).
- [6] W.L. Culbert; F.M. Law. Identification by Comparison of Roentgenograms: of Nasal Accessory Sinuses and Mastoid Processes. *JAMA* **88**: 1634–1636 (1927).
- [7] L.L. Sá; D.M. Santos; K.D.S Martins. Radiologia Forense no contexto Médico-Legal: atuação em casos de homicídio por arma de fogo. *Rev. Bras. Crim.* **11**: 65–72 (2022).
- [8] J.G.D. Pereira. et al. Reconstrução facial forense tridimensional: técnica manual vs. técnica digital. *RBOL* **4**: 46-54 (2017).
- [9] C. Cattaneo. Forensic anthropology: developments of a classical discipline in the new millennium. *Forensic Sci Int* **165**: 185–193 (2007).
- [10] M. Zhang. Forensic imaging: a powerful tool in modern forensic investigation. *Forensic Sci Res.* **7**: 385–392 (2022).
- [11] T. Sutherland; C. O'Donnell. The artefacts of death: CT post-mortem findings. *J Med Imaging Radiat Oncol* **62**: 203–210 (2018).
- [12] C.E. Offiah; J. Dean. Post-mortem CT and MRI: appropriate post-mortem imaging appearances and changes related to cardiopulmonary resuscitation. *Br J Radiol* **89**: 20150851 (2016).
- [13] A.V. Cardoso. et al. Radiologia forense: identificação de corpos por imagens de tomografia computadorizada. *RASEd* **1**: 1-8 (2023).
- [14] Brasil. Ministério da Saúde. *Mortes por causas externas: qualificação dos registros inespecíficos* [recurso eletrônico]. Ministério da Saúde, Ministério da Justiça e Segurança Pública. Brasília: Ministério da Saúde (2024).
- [15] M.R. Tosta. Uso do diagnóstico por imagem aplicado à Medicina Forense. *Rev. Bras. Crim.* **12**: 103-108 (2023).
- [16] G.M. Alves; A.D.F. Farje. Radiologia Forense. *10ª Jornada Científica e Tecnológica da Fatec Botucatu*. 1-8 (2021).
- [17] C. O'Donnell; N. Woodford. Post-mortem radiology-- a new sub-speciality?. *Clin Radiol* **63**: 1189–1194 (2008).
- [18] A.L.C. Silva. et al. Aplicabilidade da radiologia forense na medicina legal. *Revista Atenas Higeia* **5**: 14-18 (2023).
- [19] R. Kumar. et al. Forensic radiology: An emerging tool in identification. *JIAOMR* **27**: 416-422 (2015).
- [20] M. Yazdanian. et al. Dental Radiographic/Digital Radiography Technology along with Biological Agents in Human Identification. *Scanning* **2022**: 1-30 (2022).
- [21] A.L. Brough. et al. Post-mortem computed tomography and 3D imaging: anthropological applications for juvenile remains. *Forensic Sci Med Pathol* **8**: 270–279 (2012).
- [22] R.C. Alves. O uso de técnicas radiológicas na identificação forense de cadáveres. *Arquivos do MUDI* **23**: 1-10 (2019).
- [23] H.M. Garvin; M.K. Stock. The Utility of Advanced Imaging in Forensic Anthropology. *Acad Forensic Pathol* **6**: 499-516 (2016).
- [24] T. Thomsen. et al. Ultrasonography on the non-living. Current approaches. *Med Ultrason* **25**: 56-65 (2023).
- [25] F. Cascini. et al. Post-mortem computed tomography for forensic applications: A systematic review of gunshot deaths. *Med Sci Law* **60**: 54-62 (2020).
- [26] L.C. Ebert. et al. A review of visualization techniques of post-mortem computed tomography data for forensic death investigations. *Int J Legal Med* **135**: 1855-1867 (2021).
- [27] H. Jalalzadeh. et al. Post-mortem imaging compared with autopsy in trauma victims – A systematic review. *Forensic Sci Int* **257**: 29-48 (2015).
- [28] P.S. Tofts. et al. Imaging cadavers: cold FLAIR and noninvasive brain thermometry using CSF diffusion. *Magn Reson Med* **59**: 190-195 (2008).
- [29] T.Y.T. Zyoud. et al. Decoding death by unknown causes using post mortem image-guided virtopsy: A review of recent literature and the Malaysian experience. *Med J Malaysia* **75**: 411–418 (2020).
- [30] H.M. Bakker. et al. The value of post-mortem computed tomography of burned victims in a forensic setting. *Eur Radiol* **29**: 1912–1921 (2019).
- [31] R.F. Silva. et al. Human identification based on cranial computed tomography scan: a case report. *Dentomaxillofacial Radiol* **40**: 257-61 (2011).
- [32] S. Grabherr. et al. Application of contrast media in post-mortem imaging (CT and MRI). *Radiol Med* **120**: 824–834 (2015).
- [33] K.M. Stein; K. Grünberg. Forensische Radiologie [Forensic radiology]. *Der Radiologe* **49**: 73–85 (2009).
- [34] F. Dedouit. et al. Virtual anthropology and forensic identification using multidetector CT. *Br J Radiol* **87**: 20130468 (2014).