

A CONTRIBUIÇÃO DA ODONTOLOGIA LEGAL NA AVALIAÇÃO ETÁRIA DE INDIVÍDUOS

THE CONTRIBUTION OF FORENSIC DENTISTRY TO THE AGE ASSESSMENT OF INDIVIDUALS

LA CONTRIBUCIÓN DE LA ODONTOLOGÍA FORENSE EN LA EVALUACIÓN DE LA EDAD DE LOS INDIVIDUOS

André Francisco Albuquerque Lima¹
Giselle Maria Ferreira Lima Verde²

RESUMO: Introdução: Esse artigo buscou realizar a avaliação da idade por meio da odontologia legal envolvendo a observação de alterações morfológicas nos dentes e estruturas adjacentes, as quais se desenvolvem segundo padrões cronológicos previsíveis. Esses parâmetros são fundamentais na identificação de indivíduos em diversas situações legais e forenses, especialmente quando documentos de identidade estão ausentes ou são contestáveis. Objetivo: O presente estudo tem como objetivo analisar a contribuição da odontologia legal na estimativa da idade de indivíduos, destacando sua relevância nas práticas periciais e jurídicas contemporâneas. Metodologia: A pesquisa foi realizada por meio de revisão bibliográfica em bases científicas como PubMed, SciELO e LILACS, com recorte temporal de 2020 a 2025. Foram utilizados os descritores: “Odontologia Legal”, “Determinação da Idade” e “Avaliação Etária”, aplicando operadores booleanos para refinar os resultados. Resultados: Os estudos selecionados demonstram que a odontologia legal oferece métodos eficazes para a estimativa da idade, com base em dados dentários como erupção, formação radicular e desgaste. A integração com tecnologias digitais, como tomografia computadorizada e softwares de análise forense, tem elevado a precisão das estimativas. Além disso, a atuação interdisciplinar com a antropologia e medicina legal fortalece a confiabilidade dos resultados obtidos. Discussão: A aplicação de técnicas odontológicas na avaliação etária tem se consolidado como um recurso confiável na construção de perfis biológicos. Em casos de imigração, desastres em massa e disputas legais, essa abordagem auxilia na identificação e no cumprimento de diretrizes legais e de direitos humanos. Conclusão: A odontologia legal tem se afirmado como uma ferramenta indispensável no campo forense, especialmente na estimativa etária. O desenvolvimento contínuo de protocolos técnicos e o avanço das tecnologias de imagem consolidam sua importância nas investigações periciais, conferindo maior rigor científico e suporte à justiça.

3307

Palavras-chave: Identificação Humana. Estimativa da Idade. Análise Dentária.

¹Estudante do curso de Odontologia pela AFYA-Faculdade de Ciências Médicas.

²Professora do curso de Odontologia pela AFYA-Faculdade de Ciências Médicas.

ABSTRACT: Introduction: : This article sought to assess age through forensic dentistry involving the observation of morphological changes in teeth and surrounding structures, which develop according to predictable chronological patterns. These parameters are essential for identifying individuals in various legal and forensic contexts, especially when identity documents are absent or contested. Objective: This study aims to analyze the contribution of forensic dentistry to the assessment of an individual's age, highlighting its relevance in contemporary forensic and legal practices. Methodology: A bibliographic review was conducted using scientific databases such as PubMed, SciELO, and LILACS, covering the period from 2020 to 2025. Searches included descriptors like “Forensic Dentistry,” “Age Determination,” and “Age Assessment,” with Boolean operators to refine results. Results: Selected studies demonstrate that forensic dentistry provides effective methods for estimating age based on dental data such as eruption, root formation, and wear. Integration with digital technologies, such as computed tomography and forensic analysis software, has increased accuracy. Additionally, interdisciplinary collaboration with anthropology and legal medicine has strengthened the reliability of these estimates. Discussion: The application of dental techniques for age assessment has become a reliable resource in constructing biological profiles. In cases involving immigration, mass disasters, and legal disputes, this approach supports identification efforts and ensures compliance with legal and human rights guidelines. Conclusion: Forensic dentistry has established itself as an indispensable forensic tool, particularly in age estimation. Continued development of technical protocols and advancements in imaging technologies reinforce its importance in forensic investigations, providing greater scientific rigor and legal support.

Keywords: Human Identification. Age Estimation. Dental Analysis.

RESUMEN: Introducción: : Este artículo buscó evaluar la edad a través de la odontología forense involucrando la observación de cambios morfológicos en los dientes y estructuras adyacentes, desarrollados según patrones cronológicos predictibles. Estos parámetros son fundamentales para la identificación de individuos en diversos contextos legales y forenses, especialmente cuando faltan documentos de identidad o son cuestionados. Objetivo: Este estudio tiene como objetivo analizar la contribución de la odontología forense en la evaluación de la edad de los individuos, resaltando su relevancia en las prácticas periciales y jurídicas actuales. Metodología: Se realizó una revisión bibliográfica en bases de datos científicas como PubMed, SciELO y LILACS, con un período de 2020 a 2025. Se emplearon descriptores como “Odontología Forense”, “Determinación de la Edad” y “Evaluación Etaria”, utilizando operadores booleanos para afinar los resultados. Resultados: Los estudios seleccionados demuestran que la odontología forense ofrece métodos eficaces para estimar la edad, basados en datos dentales como erupción, formación radicular y desgaste. La integración con tecnologías digitales, como la tomografía computarizada y software de análisis forense, ha mejorado la precisión. Asimismo, la colaboración interdisciplinaria con la antropología y la medicina legal ha fortalecido la fiabilidad de las estimaciones. Discusión: La aplicación de técnicas odontológicas en la evaluación etaria se ha consolidado como un recurso confiable en la construcción de perfiles biológicos. En situaciones de migración, desastres masivos y disputas legales, este enfoque apoya la identificación y garantiza el cumplimiento de directrices legales y de derechos humanos. Conclusión: La odontología forense se ha afirmado como una herramienta forense indispensable, especialmente en la estimación de la edad. El desarrollo continuo de protocolos técnicos y los avances en tecnologías de imagen refuerzan su

importancia en las investigaciones periciales, aportando mayor rigor científico y respaldo jurídico.

Palabras clave: Identificación Humana. Estimación de la Edad. Análisis Dental.

INTRODUÇÃO

A odontologia legal representa um campo essencial na estimativa da idade cronológica de indivíduos, sendo uma ferramenta essencial quando não há documentos ou a veracidade desses é incerta. Em crianças e adolescentes, métodos tradicionais baseados em dentição ainda são amplamente utilizados, porém, novas técnicas não invasivas vêm se sobressaindo. A integração de radiografias panorâmicas com inteligência artificial (IA), como arquiteturas CNN (ex: ResNet152, VGG16), proporciona estimativas de idade com precisão crescente, reportando accurácias entre 90 % e 97 % em estudos recentes (Yang et al., 2020)

Em adultos, a medição do volume pulpar via CBCT (Tomografia Cone-Beam) tem forte respaldo científico. Revisões sistemáticas de 2023 confirmam que métodos volumétricos apresentam alta confiabilidade e correlações robustas (r -value elevado), embora apontem falta de padronização entre grupos populacionais. Além disso, estudos em latitudes diferentes evidenciam variações populacionais, ressaltando necessidade de normas adaptadas a cada grupo Boedi et al. (2022)

Outro método promissor é a relação área pulpar/dente em radiografias periapicais. Em amostras adultas mexicanas (19–49 anos), essa abordagem demonstrou elevada concordância entre examinadores ($ICC > 0,9$) e R^2 variando entre 0,45 e 0,54 (Merdietio Boedi et al., 2022). Isso reforça o potencial do método em contextos legais, especialmente em casos de desaparecidos ou vítimas de desastres, nos quais a precisão e reprodutibilidade são essenciais.

Técnicas emergentes, como medição da coloração dentária em adultos, vêm ganhando espaço. Uma meta-análise de 2024 evidenciou que mudanças na cor do esmalte e dentina têm correlações estatisticamente significativas com o avanço da idade, sugerindo aplicações complementares à análise estrutural Souza et al., 2024). Embora ainda iniciais, essas abordagens podem enriquecer o conjunto de evidências na avaliação etária (Yousefi et al., 2023).

No campo da IA, modelos explicáveis baseados em radiografias periapicais e panorâmicas foram desenvolvidos para estimativa de idade em indivíduos vivos. Por exemplo, algoritmos utilizando métodos como CatBoost, XGBoost e Random Forest alcançaram F_1 de ~0,73 na predição da faixa etária, permitindo que profissionais validem investimentos por meio

de análises SHAP e interpretabilidade (Saric et al., 2022). Isso aponta para cenários legais onde decisões etárias podem ser auditadas tecnicamente (Atas et al., 2022).

Dessa forma, este trabalho mostra o uso do avanço técnico e metodológico como disciplina interdisciplinar confiável e robusta para estimativa de idade. A combinação de IA, volumetria CBCT, análises populacionais e coloração amplia o impacto direto em processos de identificação, definição de maioridade legal e verificação documental.

REVISÃO DE LITERATURA

A Odontologia Legal tem se consolidado como um dos principais pilares da ciência forense, especialmente no contexto da identificação humana e da estimativa da idade cronológica. Os dentes, por apresentarem um desenvolvimento biológico sequencial e estável, tornaram-se marcadores extremamente úteis para estabelecer a idade de indivíduos vivos ou falecidos em situações legais e periciais. Tal importância se acentua em cenários nos quais documentos oficiais não estão disponíveis, são duvidosos ou contestados. Em crianças e adolescentes, as fases de erupção dentária e a mineralização dos germes dentários representam indicadores confiáveis de idade, enquanto em adultos, onde essas fases já se completaram, são observadas características secundárias, como o desgaste dentário, a translucidez da dentina e a deposição de cimento ao longo do tempo (López-López et al., 2023).

3310

A precisão na estimativa etária depende da metodologia empregada e da faixa etária analisada. Em populações pediátricas, técnicas como o método de Demirjian, Nolla e Moorrees têm sido amplamente utilizadas, por basearem-se em estágios bem delimitados de formação e mineralização dos dentes. No entanto, estudos recentes vêm aprimorando essas metodologias com o auxílio de softwares digitais que permitem avaliações mais objetivas, minimizando a subjetividade das análises visuais (Panchbhai, 2021). Em adolescentes, por exemplo, o uso de imagens de tomografia computadorizada de feixe cônico (CBCT) tem revelado maior resolução na avaliação da maturação radicular, o que contribui para a definição mais precisa da idade legal, crucial em contextos de responsabilidade penal juvenil e em processos migratórios (Elamin et al., 2022).

Com relação à população adulta, a estimativa da idade torna-se um desafio maior, dada a menor previsibilidade dos processos biológicos envolvidos. Os métodos aplicados nesse grupo se baseiam, predominantemente, em características degenerativas do tecido dentário, como a translucidez da dentina, a retração pulpar e a deposição de cimento. A cementometria, por

exemplo, tem sido reconhecida como uma técnica promissora, dado que o cimento radicular se acumula de forma contínua ao longo da vida, formando linhas que podem ser quantificadas para inferência etária (Acharya et al., 2024). A confiabilidade desses métodos, porém, depende de um preparo técnico rigoroso, e da utilização de cortes histológicos bem preservados, além de exigir correlação com variáveis populacionais.

Com o avanço da tecnologia digital, a Odontologia Legal passou a incorporar ferramentas inovadoras, como a microtomografia computadorizada (micro-CT), que permite análises não destrutivas e tridimensionais da estrutura dentária. Esta técnica, ao preservar a integridade da amostra, torna-se útil especialmente em casos em que o material é escasso ou em situações de relevância judicial em que a preservação da evidência é imprescindível. A associação entre micro-CT e softwares de inteligência artificial tem possibilitado a identificação de padrões de envelhecimento dentário com alto grau de acurácia, especialmente em adultos jovens (Adserias-Garriga et al., 2022). Essa evolução amplia as possibilidades periciais, tornando o processo mais técnico e menos dependente da subjetividade do perito.

O emprego de inteligência artificial (IA) e algoritmos de aprendizado de máquina (machine learning) tem sido particularmente explorado em pesquisas recentes como uma forma de padronizar e automatizar a análise das imagens odontológicas. Redes neurais convolucionais, treinadas com grandes bases de dados dentários, conseguem identificar variações estruturais correlacionadas com a idade com precisão cada vez maior. Em estudos multicêntricos, essas tecnologias demonstraram desempenho comparável, e em alguns casos superior, ao julgamento humano, com índices de acurácia superiores a 90% (Zhou et al., 2023). Contudo, ainda são necessárias políticas que assegurem a validação ética e científica desses algoritmos antes de sua aplicação plena em contextos legais.

Outro aspecto crucial debatido na literatura contemporânea refere-se à representatividade populacional nos modelos de estimativa etária. Muitos dos métodos consagrados foram desenvolvidos a partir de amostras específicas, o que pode comprometer sua eficácia quando aplicados a indivíduos de diferentes grupos étnicos ou realidades socioeconômicas. Estudos têm evidenciado discrepâncias nos estágios de desenvolvimento dentário entre populações africanas, asiáticas e latino-americanas, reforçando a necessidade de construção de bancos de dados regionais e a realização de pesquisas multicêntricas para calibrar as fórmulas de estimativa (Shankar et al., 2021). Essa abordagem confere maior precisão e legitimidade às análises periciais.

Além da relevância científica, a aplicação da Odontologia Legal na estimativa etária está intrinsecamente relacionada a direitos humanos e garantias legais. Em contextos migratórios, por exemplo, a definição correta da idade é determinante para o acesso a políticas públicas específicas para menores de idade, como abrigos e escolas, além de evitar a criminalização indevida de adolescentes tratados como adultos (UNHCR, 2020). A literatura aponta que erros na estimativa podem gerar impactos sociais severos, reforçando a importância do rigor técnico e da interdisciplinaridade nas avaliações forenses (Tonini et al., 2022).

O papel interdisciplinar da Odontologia Legal tem se tornado cada vez mais evidente, especialmente quando integrada à antropologia forense, radiologia odontológica e medicina legal. Essa convergência de áreas proporciona avaliações mais robustas e menos suscetíveis a vieses, especialmente em situações complexas, como desastres em massa, onde a identificação de vítimas depende de múltiplas fontes de dados. A atuação conjunta também favorece a construção de perfis biológicos completos, que não apenas apontam a idade estimada, mas também características de ancestralidade, sexo e condições bucais prévias, elementos relevantes em investigações criminais e humanitárias (Dias et al., 2023).

Apesar dos avanços, alguns desafios persistem, principalmente quanto à padronização dos métodos utilizados. Ainda há grande variação nos protocolos adotados entre peritos de diferentes regiões e instituições, o que pode comprometer a comparabilidade dos resultados. Nesse sentido, entidades científicas e órgãos de classe vêm propondo diretrizes internacionais para unificar os critérios de coleta, análise e apresentação dos laudos periciais, buscando maior confiabilidade jurídica (AlQahtani et al., 2022). Além disso, há um esforço crescente para incluir a formação em Odontologia Legal nos currículos acadêmicos, a fim de preparar profissionais capacitados a lidar com essas demandas específicas.

Em síntese, a Odontologia Legal se afirma como uma ferramenta indispensável na avaliação etária de indivíduos, especialmente diante dos novos desafios impostos pelas dinâmicas sociais e jurídicas do século XXI. Combinando conhecimento técnico, base científica sólida e recursos tecnológicos avançados, essa área contribui significativamente para a promoção da justiça, a garantia de direitos fundamentais e a identificação precisa de indivíduos. O fortalecimento da pesquisa científica, aliado à inovação tecnológica e à atuação interdisciplinar, consolida a Odontologia Legal como um campo estratégico da ciência forense contemporânea, com potencial para evoluir ainda mais nas próximas décadas.

OBJETIVO

O presente estudo tem como propósito analisar, sob uma perspectiva crítica e atualizada, a contribuição da odontologia legal na avaliação etária de indivíduos, considerando os avanços metodológicos e tecnológicos aplicados à prática forense. Busca-se compreender de que maneira os parâmetros odontológicos — como o desenvolvimento dentário, o desgaste fisiológico e as alterações estruturais — têm sido utilizados como indicadores biológicos na estimativa da idade cronológica, sobretudo em contextos jurídicos e periciais. Além disso, pretende-se discutir o impacto da incorporação de tecnologias digitais, como a tomografia computadorizada de feixe cônico (CBCT) e os sistemas de inteligência artificial, na precisão e confiabilidade dos resultados obtidos, enfatizando a relevância da atuação interdisciplinar nesse processo. Dessa forma, o estudo visa contribuir para o fortalecimento do conhecimento científico sobre o tema e para a valorização da odontologia legal como ferramenta essencial na identificação humana e na garantia de direitos civis.

MÉTODOS

A presente pesquisa foi desenvolvida com o intuito de reunir e analisar publicações científicas recentes que abordem a contribuição da odontologia legal na avaliação etária de indivíduos, com ênfase nos métodos odontológicos aplicados à estimativa da idade cronológica em contextos forenses. Para garantir um levantamento sistematizado e relevante, foi seguido um protocolo metodológico que compreendeu a definição das bases de dados a serem consultadas, a formulação de critérios claros de inclusão e exclusão, bem como a aplicação de estratégias de busca refinadas que assegurassem a pertinência dos estudos encontrados ao escopo da investigação.

A busca bibliográfica foi conduzida entre abril e maio de 2025 nas bases de dados PubMed, SciELO, LILACS, MEDLINE e Biblioteca Virtual em Saúde (BVS), totalizando uma amostra final de 18 artigos científicos publicados entre os anos de 2020 e 2025. Para a identificação dos estudos, foram utilizados os descritores controlados e não controlados: "Odontologia Legal", "Estimativa de Idade", "Imagem por Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico", "Inteligência Artificial", "Análise Volumétrica Dental", "Crescimento Dentário" e "Desenvolvimento Dentário". As combinações dos descritores foram estruturadas com o uso dos operadores booleanos "AND" para termos em inglês e "E" para os termos em português,

otimizando os resultados e restringindo-os a pesquisas diretamente ligadas ao tema da estimativa etária na odontologia forense.

Os critérios de inclusão adotados priorizaram estudos originais, escritos em português ou inglês, com texto completo disponível, publicados entre 2020 e 2025, e que tratassem especificamente de métodos odontológicos utilizados na estimativa da idade com aplicação em contextos legais ou forenses. Foram considerados admissíveis tanto estudos clínicos quanto estudos retrospectivos, transversais ou de revisão sistemática, desde que apresentassem uma metodologia clara e fundamentada. Por outro lado, foram excluídos artigos duplicados entre as bases, resumos de congressos, dissertações, teses acadêmicas, relatos opinativos, editoriais, e revisões narrativas sem rigor metodológico.

A triagem inicial envolveu a leitura dos títulos e resumos para uma primeira avaliação da aderência dos estudos ao objetivo da pesquisa. Na etapa seguinte, os textos completos dos artigos previamente selecionados foram lidos integralmente, sendo analisados com base nos critérios previamente definidos. Todo o processo de seleção foi realizado por dois avaliadores independentes, com o objetivo de garantir confiabilidade na análise e minimizar possíveis vieses na escolha dos estudos. Em casos de discordância entre os revisores, as decisões foram tomadas por consenso.

3314

Posteriormente, os dados extraídos dos artigos incluídos foram organizados em uma planilha digital, permitindo a sistematização das informações e facilitando a análise comparativa dos métodos, tecnologias e abordagens descritas nos estudos. As variáveis analisadas incluíram o tipo de técnica odontológica empregada para estimativa etária, a faixa etária dos indivíduos avaliados, os recursos tecnológicos utilizados (como CBCT, softwares de IA ou deep learning), bem como a finalidade legal ou forense do procedimento.

Essa metodologia permitiu uma leitura abrangente da literatura recente, além de oferecer uma base sólida para a discussão crítica das práticas e avanços atuais na interface entre odontologia legal, tecnologia e estimativa etária. A abordagem adotada seguiu os princípios da integridade científica, da reprodutibilidade e da transparência, respeitando os padrões exigidos pela produção acadêmica contemporânea

RESULTADOS

A pesquisa bibliográfica realizada nas bases PubMed, SciELO, LILACS, MEDLINE e na Biblioteca Virtual em Saúde (BVS), com os descritores “Odontologia Legal”, “Estimativa

de Idade”, “Desenvolvimento Dentário”, “Imagem por Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico (CBCT)” e “Inteligência Artificial”, resultou na seleção de 18 estudos científicos publicados entre 2020 e 2025. Os artigos analisados apresentaram diferentes abordagens metodológicas, mas convergiram quanto à relevância da odontologia legal como ferramenta de apoio na determinação da idade cronológica, especialmente em contextos judiciais e periciais.

A maior parte dos estudos destacou o uso da odontologia legal na identificação de indivíduos sem documentação civil, em especial crianças e adolescentes em processos migratórios, vítimas de crimes ou desastres, e em situações de suspeita de falsificação de idade. Os métodos mais mencionados incluíram a análise do desenvolvimento dentário por meio de exames radiográficos, a observação da formação e erupção dentária, a análise da regressão de estruturas dentárias em adultos, além da aplicação de fórmulas de estimativa baseadas em características morfológicas específicas e dados populacionais.

Verificou-se que os métodos de estimativa etária apresentam maior precisão em faixas etárias mais jovens, notadamente entre 5 e 18 anos, período em que os dentes sofrem transformações anatômicas mais evidentes e previsíveis. Em contrapartida, nos adultos, onde o desenvolvimento dentário já está completo, os métodos exigem maior sofisticação técnica, sendo frequentemente empregados recursos como a análise volumétrica de dentes por CBCT e a segmentação digital de estruturas dentárias.

3315

Diversos estudos recentes, como os de Merdietio Boedi et al. (2022) e Yousefi et al. (2023), evidenciaram o potencial da tomografia computadorizada de feixe cônico na mensuração volumétrica de tecidos dentários e na avaliação de alterações regressivas das estruturas internas, como o estreitamento da câmara pulpar, como parâmetro de idade em adultos. A integração desses métodos com algoritmos de inteligência artificial também foi apontada como tendência crescente, com resultados promissores em termos de precisão e padronização dos laudos, conforme apontado por Ataş et al. (2023) e Saric et al. (2022).

Outro aspecto importante observado nos resultados foi o esforço crescente em adaptar os métodos de estimativa da idade à diversidade populacional. A literatura analisada alertou para as limitações do uso de referências populacionais genéricas, que podem comprometer a acurácia em grupos étnicos ou geográficos específicos. Nesse sentido, estudos mais recentes têm proposto o desenvolvimento de bases de dados regionais e a incorporação de variáveis contextuais para melhorar a representatividade das análises.

Ademais, foram identificadas críticas aos métodos tradicionais baseados apenas em exames clínicos ou radiografias bidimensionais. Embora ainda amplamente utilizados, esses métodos demonstraram menor precisão quando comparados às tecnologias tridimensionais e automatizadas, sobretudo na estimativa da idade de adultos entre 30 e 60 anos. A tendência atual aponta para a combinação de diferentes técnicas — radiológicas, volumétricas e computacionais — como forma de superar as limitações isoladas de cada abordagem.

Também foi observado que a odontologia legal se firma como um campo de interface entre a saúde, o direito e a tecnologia, sendo valorizada não apenas na perícia criminal, mas também em políticas públicas voltadas à proteção de menores e à regulação de práticas migratórias. Em alguns estudos, como o de Yang et al. (2015), a análise de incisivos superiores por CBCT demonstrou alto valor preditivo para estimativas em adolescentes, sugerindo novos parâmetros a serem adotados em contextos forenses.

Por fim, os resultados evidenciam uma evolução significativa nos métodos de estimativa etária aplicados à odontologia legal, com o fortalecimento da interdisciplinaridade e o uso crescente de ferramentas digitais. A odontologia legal, nesse cenário, assume papel estratégico na produção de laudos mais precisos, embasados e úteis à justiça, reforçando sua importância como área científica e prática essencial para os processos de identificação humana contemporânea.

DISCUSSÃO

A estimativa da idade cronológica permanece um desafio central na Odontologia Legal, devido às implicações jurídicas envolvidas. Métodos tradicionais como a contagem de anéis cementários e a análise da translucidez dentinária demonstraram eficácia em adultos. Revisões sistemáticas sugerem que a translucidez é mais precisa em indivíduos com mais de 45 anos, enquanto a cementometria apresenta erro inferior a 1 ano até por volta de 43 anos, mas tende a subestimar a idade em faixas etárias mais avançadas (Jayaprakash et al., 2021; Kanchan & Menezes, 2022). Esses achados reforçam a importância de aplicar os métodos de forma complementar, evitando limitações inerentes a cada técnica.

No caso dos terceiros molares, há grande variação individual — incluindo ausência congênita ou padrões de erupção atípicos —, contudo essa estrutura permanece valiosa para estimativa etária em faixas dos 11 aos 24 anos (Polat & Çelenk, 2024). Quando combinados com

análises histológicas, tais como cementometria, esses métodos reforçam a precisão, embora a heterogeneidade populacional exija calibragem local para evitar vieses.

A representatividade populacional é um ponto crítico: fórmulas elaboradas em amostras europeias ou asiáticas perdem performance em outras populações, como as latino-americanas. Enriquez et al. (2023) e Silva et al. (2022) demonstraram que algoritmos calibrados regionalmente são fundamentais para assegurar resultados justos e precisos em perícia forense. As técnicas tridimensionais, especialmente a análise volumétrica por CBCT combinada com inteligência artificial, têm se destacado. Meta-análises apontam correlação negativa expressiva ($r \approx -0,67$) entre volume pulpar e idade, e coeficientes de confiabilidade intraclassa (ICC) superiores a 0,85, demonstrando performance superior aos métodos bidimensionais (Souza et al., 2023; Merdietio Boedi et al., 2022). Modelos baseados em Random Forest e XGBoost, utilizando segmentação automatizada, atingiram AUC de 0,86–0,94, representando avanço significativo na padronização e objetividade dos laudos (Ali et al., 2024).

Integrações multifatoriais têm apresentado resultados ainda mais robustos: a junção de dados de CBCT, cementometria e análises esqueléticas (ex.: clavícula) elevou a precisão ($R^2 \approx 0,65$), sobretudo em idades limítrofes como 16–18 anos, período legalmente sensível (Enriquez et al., 2023). No entanto, o uso dessas tecnologias enfrenta obstáculos operacionais: acesso restrito aos equipamentos, necessidade de padronização das visualizações 3D, treinamento profissional e considerações éticas — como exposição à radiação em menores — limitam sua adoção universal (Souza et al., 2023; Ali et al., 2024).

De modo geral, o panorama aponta para um futuro promissor na Odontologia Legal, especialmente com protocolos híbridos que combinam métodos tradicionais (cementometria e translucidez), análises volumétricas e algoritmos de inteligência artificial. Para isso, é essencial assegurar bancos de dados populacionais diversificados, validação multicêntrica e regulamentação técnica-jurídica, garantindo resultados mais precisos, éticos e aptos ao uso forense.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da análise desenvolvida, torna-se evidente que a odontologia legal desempenha um papel decisivo na estimativa da idade cronológica, especialmente em contextos onde a identificação formal é limitada ou inexistente. A diversidade de métodos disponíveis, que vão desde a análise do desenvolvimento dentário até técnicas avançadas como a volumetria por

CBCT e a aplicação de inteligência artificial, reflete o amadurecimento científico da área. Ainda que cada técnica tenha seus limites e níveis distintos de acurácia, é fundamental que sejam aplicadas de forma integrada e contextualizada. O cruzamento de informações morfológicas, radiográficas e digitais potencializa a precisão das estimativas, desde que respeitados fatores como a variabilidade populacional e os parâmetros éticos. Assim, reafirma-se a relevância de uma abordagem multidisciplinar, aliada ao investimento em estudos robustos e atualizados, como base para consolidar a odontologia legal como instrumento confiável na construção de identidades e na promoção de justiça social.

REFERÊNCIAS

ACHARYA, A. B.; SAHU, R.; JAIN, P. Cemental annulations in age estimation: recent advancements and forensic applicability. *Forensic Science International*, [S. l.], v. 349, p. 111885, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2023.111885>.

ADSERIAS GARRIGA, J. et al. Applications of micro CT in forensic odontology: a literature review. *Forensic Imaging*, [S. l.], v. 30, p. 200495, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fri.2022.200495>.

ALI, M. et al. An explainable machine learning approach for age and gender estimation in living individuals using dental biometrics. *arXiv*, 2024.

ALQAHTANI, S. J. et al. Age estimation in forensic odontology: recommendations for best practice. *Journal of Forensic and Legal Medicine*, [S. l.], v. 85, p. 102277, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jflm.2021.102277>.

ATAŞ, İ. et al. Forensic dental age estimation using modified deep learning neural network. *Balkan Journal of Electrical and Computer Engineering*, [S. l.], 22 out. 2023.

DIAS, P. E. et al. Interdisciplinary approach to forensic age estimation: advances and future directions. *Brazilian Journal of Forensic Sciences, Medical Law and Bioethics*, São Paulo, v. 12, n. 3, p. 111-127, 2023.

ELAMIN, F. et al. Accuracy of cone beam computed tomography for dental age estimation in adolescents. *International Journal of Legal Medicine*, [S. l.], v. 136, p. 689-697, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00414-021-02700-5>.

ENRIQUEZ, L.; SILVA, M. S.; RIBEIRO, L. Population-specific calibration in dental age estimation: a cross-sectional study in a Brazilian sample. *Forensic Science International*, v. 342, 2023.

JAYAPRAKASH, S.; KANCHAN, P. Accuracy of forensic age estimation using cementum annulation and dentin translucency in adults: systematic review and meta-analysis. *International Journal of Legal Medicine*, v. 136, p. 289-298, 2021.

KANCHAN, R.; MENEZES, R. Age estimation using tooth cementum annulations: bias and source of inaccuracy. *Egyptian Journal of Forensic Sciences*, v. 12, n. 1, 2022.

LÓPEZ LÓPEZ, J. et al. Dental age estimation in forensic science: new insights and updated techniques. *Journal of Forensic Sciences*, [S. l.], v. 68, n. 1, p. 245–253, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1111/1556-4029.15015>.

MERDIETIO BOEDI, R. et al. CBCT in dental age estimation: a systematic review and meta-analysis. *Dentomaxillofacial Radiology*, [S. l.], v. 51, n. 4, 2022.

MERDIETIO BOEDI, R. et al. Regressive changes of crown root morphology and their volumetric segmentation for adult dental age estimation. *Journal of Forensic Sciences*, [S. l.], v. 67, n. 5, p. 1890–1898, 12 jul. 2022.

PANCHBHAI, A. S. Digital forensic odontology: a paradigm shift in age estimation methodologies. *Journal of Forensic Dental Sciences*, [S. l.], v. 13, n. 2, p. 98–103, 2021. DOI: https://doi.org/10.4103/jfo.jfds_12_21.

POLAT, Y.; ÇELENK, S. Comparison of estimated age based on pulp volume from CBCT images and panoramic radiography data with chronological age. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, v. 48, n. 2, p. 149–162, 2024.

SARIC, R. et al. Dental age assessment based on CBCT images using machine learning algorithms. *Forensic Science International*, [S. l.], v. 334, p. 11245, maio 2022.

SHANKAR, S. et al. Comparative evaluation of Demirjian and Willems methods of dental age estimation in diverse populations. *Forensic Science International: Reports*, [S. l.], v. 3, p. 100166, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsir.2021.100166>. 3319

SOUZA, A. B. R.; CRUZ, A. D.; AGUIAR, M. F. Age estimation by volumetric analysis of teeth using CBCT. *Oral Radiology*, v. 40, n. 3, p. 436–444, 2024.

TONINI, M. et al. Forensic age estimation and human rights: ethical and legal implications in migration scenarios. *Medicine, Science and the Law*, [S. l.], v. 62, n. 1, p. 18–24, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1177/00258024211046370>.

UNHCR – UNITED NATIONS HIGH COMMISSIONER FOR REFUGEES. Guidelines on assessing and determining the best interests of the child. Genebra: UNHCR, 2020. Disponível em: <https://www.unhcr.org>. Acesso em: 13 jun. 2025.

YANG, Z. et al. Age estimation for children and young adults by volumetric analysis of upper anterior teeth using CBCT data. *Folia Morphologica*, [S. l.], 3 set. 2015.

YOUSEFI, F. et al. Dental age estimation using cone beam computed tomography: a systematic review and meta-analysis. [S. l.], v. 53, 1 jan. 2023.

ZHOU, W. et al. Deep learning-based age estimation using panoramic dental radiographs: a multicenter study. *IEEE Access*, [S. l.], v. 11, p. 10245–10255, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3240914>.