

Inteligência Artificial e a prática clínica odontológica

 <https://doi.org/10.56238/sevened2024.012-039>

Gabriella Karolyne Pompeu Martins

Graduanda em Odontologia. Universidade Federal do Pará. Instituto de Ciências da Saúde. Faculdade de Odontologia. Belém, PA, Brasil.
ORCID: 0000-0001-9153-5219
E-mail: gabriella31martins@gmail.com

Gustavo Bezerra dos Santos Lira

Graduando em Odontologia. Universidade Federal do Pará. Instituto de Ciências da Saúde. Faculdade de Odontologia. Belém, PA, Brasil.
ORCID: 0000-0002-6769-6781
E-mail: gustavoliranew@gmail.com

Jucivaldo Martins Gonçalves

Graduando em Odontologia. Universidade Federal do Pará. Instituto de Ciências da Saúde. Faculdade de Odontologia. Belém, PA, Brasil.
ORCID: 0009-0002-2970-2674
E-mail: jucivaldo.goncalves@ic.ufpa.br

Daysa da Silva Martins

Graduanda em Odontologia. Universidade Federal do Pará. Instituto de Ciências da Saúde. Faculdade de Odontologia. Belém, PA, Brasil.
ORCID: 0009-0002-8933-4762
E-mail: daysamartinss@outlook.com

Thalles Arievo Mota Sales

Pós Graduando em Dentística, Faculdade FINAMA, Belém, PA, Brasil.
ORCID: 0000-0001-9836-9700
E-mail: drthallessales@hotmail.com

Lurdete Maria Rocha Gauch

Doutora em agentes infecciosos e parasitários. Professora da Faculdade de Odontologia, Instituto de Ciências da Saúde, Universidade Federal do Pará. Belém, PA, Brasil.
ORCID: 0000-0002-3750-8874
E-mail: lrgauch@ufpa.br

Andréa Maia Corrêa Joaquim

Doutora em Odontologia (Reabilitação Oral). Professora da Faculdade de Odontologia, Instituto de Ciências da Saúde, Universidade Federal do Pará. Belém, PA, Brasil.
ORCID: 0000-0001-7547-6490
E-mail: andreamcj@ufpa.br

Camila Lima de Andrade

Doutora em Clínica Odontológica (Reabilitação Oral). Professora da Faculdade de Odontologia, Instituto de Ciências da Saúde, Universidade Federal do Pará. Belém, PA, Brasil.
ORCID: 0000-0001-5665-9865
E-mail: andradec@ufpa.br

Ana Carla Carvalho de Magalhães

Mestre em Saúde Pública. Professora da Faculdade de Odontologia, Instituto de Ciências da Saúde, Universidade Federal do Pará. Belém, PA, Brasil.
ORCID: 0000-0003-0647-0786
E-mail: carllaanna@yahoo.com.br

Gabriel Mácola de Almeida

Mestre em Saúde Coletiva. Universidade Federal do Pará. Belém, PA, Brasil.
ORCID: 0000-0002-0618-829X
E-mail: gabrielalmeida1401@hotmail.com

Liliane Silva do Nascimento

Doutora em Enfermagem em Saúde Pública. Professora da Faculdade de Odontologia, Instituto de Ciências da Saúde, Universidade Federal do Pará. Belém, PA, Brasil.
ORCID: 0000-0002-5943-6314
E-mail: profaliliane@ufpa.br

Hércules Bezerra Dias

Doutor em Ciências Odontológicas (Dentística Restauradora). Professor da Faculdade de Odontologia, Instituto de Ciências da Saúde, Universidade Federal do Pará. Belém, PA, Brasil.
ORCID: 0000-0002-5042-5782
E-mail: herculesdias@ufpa.br

RESUMO

A inteligência artificial (IA) tem ganhado notoriedade no meio odontológico, desde o surgimento de várias ferramentas que auxiliam o cirurgião dentista no desempenho de suas atividades e rotina clínica, contribuindo para a realização de um diagnóstico precoce de doenças, personalização de tratamentos e gerenciamento de dados. O objetivo deste capítulo é abordar o impacto da inteligência artificial na prática clínica odontológica, baseando-se na literatura dos últimos 5 anos, disponível nas bases de dados PUBMED, SCIELO e Google Acadêmico. Os sistemas inteligentes que têm o potencial de transformar a prática clínica na odontologia, oferecem suporte ao profissional na qualidade do diagnóstico e reduzem o desgaste cognitivo do profissional,



contribuindo para redução de informações negligenciadas, o conduzindo para a melhor decisão de tratamento. Nesse sentido, o uso consciente e ético da IA na odontologia é essencial para uma adequada e responsável integração de sistemas de IA à rotina clínica do cirurgião-dentista. Embora haja limitações e falhas apresentadas pelos recursos de IA que ainda precisam ser resolvidas, as vantagens apresentadas por essas ferramentas se sobressaem e demonstram-se promissoras no meio odontológico. O desenvolvimento, implementação e recebimento de IA na odontologia deve estar pautado no bem-estar, na privacidade, na lei e no respeito à autonomia e à tomada de decisão.

Palavras-chave: Inteligência artificial, Odontologia, Prática clínica baseada em evidências.

1 INTRODUÇÃO

Na prática odontológica, o uso da Inteligência Artificial (IA) vem crescendo rapidamente, otimizando processos, melhorando a eficiência e ajudando na tomada de decisões por meio de análises de dados avançadas. Além disso, a IA auxilia no diagnóstico precoce de doenças, personalização de tratamentos e gerenciamento de dados (AGRAWAL e NIKHADE, 2022).

É evidente que a inteligência artificial tem se tornado uma ferramenta promissora na odontologia (RASTEAU *et al.*, 2022; MIRAGALL *et al.*, 2023). Com o avanço da tecnologia, a aplicação de suas ferramentas em várias áreas da saúde tornou-se algo comum, e no meio odontológico isso não foi diferente. As várias ferramentas que a inteligência artificial apresenta têm sido de grande auxílio para o cirurgião dentista no desempenho de suas atividades e rotina clínica (GHODS *et al.*, 2023). A realização de tarefas simples que vão desde agendamento de pacientes até as mais complexas, atualmente podem ser desenvolvidas pela utilização de IA (THURZO *et al.*, 2022; GHODS *et al.*, 2023).

Um aspecto relevante é o uso da IA na comunicação com o paciente, no treinamento (educação permanente e continuada de profissionais) e no controle do progresso do tratamento, constituindo um novo domínio para implementações de IA (THURZO, 2021). Dados e combinações de dados são essenciais para os algoritmos de processamento da IA. Portanto, quanto maior a gama de dados, melhor a entrada de aprendizado para as máquinas, permitindo melhores decisões (HENDI *et al.*, 2024).

O sucesso do uso dos sistemas inteligentes na odontologia deve-se, em destaque, às Redes Neurais Convolucionais, que são algoritmos de aprendizado profundo capazes de captar uma imagem de entrada, atribuir importância (pesos e vieses que podem ser aprendidos) a vários aspectos ou objetos da imagem e ser capaz de diferenciar um do outro. (Data Science Academy, 2022; TANDON e RAJAWAT, 2020).

Esses sistemas inteligentes têm o potencial de transformar a prática clínica na odontologia, oferecendo suporte ao profissional na qualidade do diagnóstico e reduzindo o número de imagens a serem examinadas manualmente. Desta forma, o *machine learning* (aprendizado da máquina) reduz o desgaste cognitivo do profissional, contribuindo para redução de informações negligenciadas, o conduzindo para a melhor decisão de tratamento (ARSIWALA-SCHEPPACH *et al.* 2024; SONG *et al.*, 2022).

Há alguns receios por parte de alguns profissionais quanto ao uso dessas tecnologias, estando alguns deles relacionados ao fornecimento da alta quantidade de dados que sistemas de IA necessitam para o desempenho de funções de forma eficiente e precisa. Apesar de dados de saúde serem pessoais e sensíveis e necessitarem de proteção durante todo o processo de utilização, a possibilidade do vazamento desses dados no treinamento prévio desses sistemas é uma pauta levantada pelos profissionais de saúde (FATIMA *et al.*, 2022; RASTEAU *et al.*, 2022).

Isso vem de encontro com a orientação do uso consciente e ético da IA na odontologia, que deve considerar quando aplicar a IA e como usá-la de forma adequada e responsável, pois à medida que muitos dentistas estão acelerando na direção da integração de sistemas de IA em em sua rotina clínica diária, as questões legais e éticas estão se tornando ainda mais pertinentes. (ROGANOVIĆ, RADENKOVIĆ e MILIČIĆ, 2023).

A incorporação da IA na prática clínica das mais diversas especialidades odontológicas, pode auxiliar na detecção precoce de doenças, otimização do fluxo de trabalho odontológico, gerenciamento de tempo e redução de custos), para pacientes o que deve levar a tratamentos com melhor custo benefício e alta qualidade resolutiva (WANG *et al.*, 2020; TANDON e RAJAWAT, 2020; HENDI *et al.*, 2024).

O objetivo deste capítulo é abordar o impacto da inteligência artificial na prática clínica odontológica, em suas mais diversas especialidades, baseando-se na literatura dos últimos 5 anos, disponível nas bases de dados PUBMED, SCIELO e Google Acadêmico.

1.1 APLICAÇÕES NA DENTÍSTICA

A Cárie é uma das principais condições clínicas no mundo e o diagnóstico precoce é fundamental, especialmente considerando os desafios socioeconômicos que afetam o acesso aos cuidados odontológicos (WANG *et al.*, 2020). Para localizar e determinar a extensão da cárie, o cirurgião-dentista deve integrar o exame clínico ao complementar, com radiografias. No entanto, as radiografias interproximais apresentam baixa sensibilidade para lesões restritas ao esmalte (CARVALHO *et al.*, 2021) e às cáries primárias em faces proximais (ARSIWALA-SCHEPPACH *et al.* 2024). Nota-se o potencial da incorporação da IA na odontologia restauradora, uma vez que a detecção precoce e o tratamento podem preservar a estrutura do dente e prevenir o ciclo de tratamentos invasivos (DEVLIN *et al.*, 2021).

Devido ao caráter progressivo e irreversível da lesão por cárie, as ferramentas de diagnóstico impulsionadas por IA potencialmente melhoram a precisão diagnóstica, facilitam a detecção precoce e apoiam a tomada de decisões de tratamento (AL-NAMANKANY, 2023). Dessa forma é possível diagnosticar e intervir em lesões independente de seu estágio e localização, como por exemplo, a cárie secundária, instalada adjacente às restaurações, comprometendo a vida útil do tratamento restaurador (CHAVES *et al.*, 2024). Os achados revelam que os algoritmos de IA podem ser uma forma promissora de melhorar a previsão, detecção e manejo da cárie (AL-NAMANKANY, 2023).

Especialmente projetada para o processamento de imagens, para capturar relações espaciais em dados de entrada bidimensionais (CHAVES *et al.*, 2024), as redes neurais convolucionais podem ser utilizadas como auxiliar no diagnóstico de cárie, durante a análise radiográfica. A radiografia interproximal, por exemplo, que é utilizada para o diagnóstico da cárie, é uma imagem bidimensional

e pode ser facilmente processada pelas redes neurais, otimizando a prática clínica (ARSIWALA-SCHEPPACH *et al.* 2024).

Estudos que avaliaram o tempo de observação dos dentistas até o diagnóstico de cárie demonstraram que os profissionais que foram auxiliados por um software chegaram ao laudo em menos tempo (DEVLIN *et al.* 2021; ARSIWALA-SCHEPPACH *et al.* 2024). Observou-se também que a rede neural convolucional foi capaz de detectar 92,5% das cáries, proporcionando ao paciente intervenção adequada (KÜHNISCH *et al.*, 2022). O machine learning gradualmente possibilitará tratamentos minimamente invasivos (GOMEZ *et al.*, 2022) e em casos de grande destruição dentária; tecnologias como CAD/CAM são usadas para restaurações, como inlays, onlays, coroas e pontes (TANDON e RAJAWAT, 2020).

Há expectativa de que a IA seja totalmente incorporada à dentística. Considerando que os programas são baseados em modelos matemáticos influenciados por neurônios humanos, a IA não representa um risco para a classe profissional, visto que é responsabilidade dos cirurgiões-dentistas fomentar as pesquisas e alimentar os softwares para uso pleno (TANDON e RAJAWAT, 2020). No entanto, é crucial estar ciente dos potenciais erros na interpretação de dados por programas de IA, e combinar a tecnologia com metodologias convencionais pode minimizar esses erros (CABRAL *et al.*, 2021).

Embora tenha demonstrado a precisão da IA no diagnóstico, o estudo de Chaves *et al.* (2024) apontou a presença de falsos positivos ao diagnosticar lesões de cáries em superfícies sadias, atribuir erroneamente diagnóstico de cárie secundária para cáries residuais e classificar erroneamente restaurações mal adaptadas, além de falso negativo para lesões de cárie restritas ao esmalte (CHAVES *et al.*, 2024). Evento este que decorre do baixo desempenho dos Softwares na presença de dentes impactados, apinhados, implantes dentários e áreas de maior contraste, como sobreposição, esmalte, crista oblíqua externa e cálculos pulpares, além da variabilidade anatômica de molares (PETHANI, 2020).

A inabilidade do sistema operacional ou até menos déficit teórico pode levar o paciente a tratamentos restauradores desnecessários ou ineficientes. Trazendo à luz a relevância do treinamento adequado para reprodutibilidade dos novos sistemas diagnósticos pelo CD (DEVLIN *et al.*, 2021). A incorporação da IA e manutenção do banco de dados, como o incremento das camadas neurais, por exemplo, é indispensável para maior sensibilidade diagnóstica (TANDON e RAJAWAT, 2020). Seus produtos auxiliam na detecção precoce de doenças, otimização do fluxo de trabalho odontológico, gerenciamento de tempo e redução de custos (HENDI *et al.*, 2024), para pacientes - pois a detecção precoce da cárie possui melhor custo benefício que tratar condições avançadas (WANG *et al.*, 2020).

1.2 APLICAÇÕES NA PATOLOGIA ORAL

No câncer oral e condições pré-cancerosas, a IA tem auxiliado em ampla escala na anamnese e diagnóstico, produto do processamento de redes neurais, na triagem e comparação de resultados de exames, como ressonância magnética e tomografias computadorizadas, para avaliar potencial de metástase (AHMED *et al.*, 2020; BONNY *et al.*, 2023; TANDON e RAJAWAT, 2020). Com o abastecimento do banco de imagens, as redes neurais permitem o processamento de imagens bidimensionais, sejam elas radiografias, ressonâncias magnéticas, ou até mesmo fotografias (CHAVES *et al.*, 2024), fornecendo diagnósticos sensíveis e assertivos, em alguns casos, superando os profissionais humanos em eficiência de comparação (PETHANI, 2020).

No quesito de diagnóstico por comparação de imagens, as redes neurais podem ser treinadas para identificar diferentes tipos de cistos, lesões ósseas e câncer oral em imagens de diagnóstico; além de prever a dosagem de radiação na mandíbula para tratamento de câncer orofaríngeo, com alta precisão comparável a especialistas humanos (PETHANI F, 2020). Estudos evidenciam a competência de modelos de aprendizagem não supervisionada, para diagnóstico de condições clínicas, incluindo calcificações de tecidos moles, tumores teciduais e anomalias, como a taurodontia (SONG, 2022).

As técnicas de aprendizado profundo (*deep learning*) corroboram a detecção precoce de anomalias dentais, haja vista que, se ignoradas, podem levar a graves complicações sistêmicas (LEE *et al.*, 2022). Na histologia, os sistemas inteligentes também possibilitam a melhoria do diagnóstico, em virtude de sua aplicação para identificar caráter maligno e características específicas em seções histopatológicas, como morfologia celular, atipia nuclear e arquitetura tecidual (GHODS *et al.*, 2023; GONZÁLEZ, 2021; DHOPTÉ *et al.*, 2023). Somando-se ao processamento de imagens, a IA é capaz de prever a ocorrência de patologias, como o carcinoma de células escamosas, com base em dados clínicos e genéticos (PETHANI, 2020; DHOPTÉ *et al.*, 2023).

Os sistemas inteligentes têm o potencial de transformar a prática clínica na odontologia, no sentido de que o *machine learning* reduz o desgaste cognitivo do profissional, contribuindo para redução de informações negligenciadas, o conduzindo para a melhor decisão de tratamento (ARSIWALA-SCHEPPACH *et al.*, 2024; SONG, 2022). Além de reduzir erros humanos dada a ocultação de dados na anamnese ou história médica, como por exemplo, o diagnóstico de osteonecrose relacionada a bisfosfonatos antes da exodontia (AHMED *et al.*, 2020).

Com a gama resultados superiores a 80% a favor da precisão da IA na patologia oral, instituições de ensino precisam estar preparadas para oferecer treinamento contínuo em IA na odontologia (DHOPTÉ *et al.*, 2023; GHODS *et al.*, 2023). Considerando a complexidade das anomalias orais, a IA deve ser utilizada como benefício adicional a ser controlado pelo cirurgião-dentista, e não substituí-lo (BONNY *et al.*, 2023).

1.3 APLICAÇÕES NA PERIODONTIA

Em periodontia, a Inteligência Artificial já possibilita a análise de dados de diagnóstico, como parâmetros clínicos, radiografias e imagens intraorais, para auxiliar no diagnóstico e classificação de doenças periodontais a partir de registros médicos eletrônicos e conjuntos de dados inseridos em softwares de AI que aprendem padrões e indicadores de doença periodontal, auxiliando na tomada de decisão e planejamento para o melhor tratamento possível (DHOPTÉ e BADGE, 2023).

Nessa especialidade, em particular, estudos internacionais exibem desenvolvimento contínuo de ferramentas e sistemas inteligentes úteis para complementar a tomada de decisão do cirurgião-dentista. Algoritmos de *Deep Learning* associado a Redes Neurais possuem alto potencial de utilidade e precisão no diagnóstico e previsão de quadros clínicos a partir de valores das profundidades de sondagem, níveis de inserção e pontos de sangramento, extraídas de registros do paciente (BONNY *et al.*, 2023; DHOPTÉ e BADGE, 2023).

Por meio das técnicas de aprendizado de sistemas a partir de banco de dados das características existentes e definidas na classificação de doenças periodontais, é possível beneficiar periodontistas e pacientes no diagnóstico preciso e de qualidade ao passo que se economiza tempo e recursos, além da redução de erro humano. Apesar disso, entende-se que esses sistemas ainda estão longe de substituírem o conhecimento do profissional de saúde, devendo ser aplicados de maneira segura e complementar ao julgamento do cirurgião-dentista (BONNY *et al.*, 2023).

Um estudo primário de 2024 avaliou a precisão de um algoritmo de AI treinado para analisar sinais de doença periodontal através de registros de imagens de 60 pacientes. Nos seus resultados, os autores encontraram uma sensibilidade de 91%, especificidade de 86% e uma precisão geral de 88% do algoritmo, demonstrando o uso da IA como uma ferramenta promissora na identificação precoce de doenças periodontais através de imagens intraorais e favorecendo a redução da variabilidade diagnóstica e apoio de intervenções mais oportunas (ALAM *et al.*, 2024).

Além disso, também já foi publicado que a IA possui capacidade de identificar padrões e modelos que podem ser difíceis de discernir pelos humanos ou que exigiria um tempo significativamente mais longo, como a identificação de pré-molares e molares comprometidos periodontalmente com 90% e 95% de precisão, respectivamente. Esta informação é de grande relevância para subsidiar protocolos de tratamento, levando a impactos positivos na precisão do diagnóstico e nos resultados gerais do tratamento (HENDI *et al.*, 2024).

Apesar da perspectiva promissora dessas ferramentas, é importante levar em consideração que, por mais que estas consigam detectar patologias e direcionar diagnósticos com precisão, são as recomendações de tratamento do profissional com base no contexto geral do paciente, opções de tratamento disponíveis e na adesão do paciente ao tratamento que determinam o verdadeiro impacto nos resultados clínicos (PETHANI, 2021).

Chawla *et al.* (2023) publicou um estudo realizado em 2023 que avaliou a compreensão e aceitabilidade de periodontistas em relação ao uso e aplicação de AI nessa área de atuação. O estudo revela que houve grande aceitabilidade dos profissionais para uso de AI no diagnóstico de doenças periodontais, porém resistência para utilização na previsibilidade de perda clínica de inserção.

Apesar de compreenderem os fatores básicos do conceito da inteligência artificial e expressarem desejo de incorporar tais sistemas nos processos de diagnóstico e planejamento terapêutico de condições periodontais, parte dos entrevistados acredita que sua utilização para diagnóstico não é mais precisa que a dos próprios profissionais a ponto de substituí-los (CHAWLA *et al.*, 2023).

Ainda nessa perspectiva, é fato que a investigação de doenças e condições periodontais está ligada a contextos complexos que necessitam de compreensão multidimensional dos fatores que estão associados à sua manifestação e progressão.

Atualmente, apesar da possibilidade de ensinar um AI sobre os cenários que compreendem as doenças periodontais e subsidiar impacto positivo sobre o processo diagnóstico, essas ferramentas ainda são incapazes de, em primeiro lugar, reproduzir a natureza da relação médico-paciente, construída a partir do vínculo e humanização. E segundo, no processo de integração sobre a história médica associada ao exame físico em situações caracterizadas por ambiguidade e incerteza, o que está fora do alcance atual da tecnologia de IA (CHAWLA *et al.*, 2023; SACHDEVA *et al.*, 2021).

Embora o desenvolvimento da AI dentro dos cenários de saúde e, mais especificamente, na periodontia ainda caminhem a passos breves, observa-se que os cirurgiões-dentistas compreendem e visualizam a utilização de sistemas inteligentes como recursos facilitadores da prática clínica e tomada de decisão, auxiliando os profissionais na interpretação correta de anomalias orais e minimizando erro humano, sendo, portanto, uma modalidade de inevitável desenvolvimento e integração na odontologia (AHMED *et al.*, 2021).

1.4 APLICAÇÕES NA IMAGINOLOGIA ODONTOLÓGICA

O exame radiológico é um componente fundamental no manejo de pacientes em odontologia. Ele é amplamente utilizado para complementar e auxiliar no diagnóstico clínico de patologias que afetam os dentes e as estruturas adjacentes. A precisão e a capacidade de fornecer uma visão detalhada das condições orais tornam este exame indispensável para o planejamento e a execução de tratamentos odontológicos adequados (GHODS, 2023).

Estudos de revisão têm demonstrado que a aplicação mais frequente de inteligência artificial na odontologia está concentrada em grande parte nas áreas de radiologia e imagiologia oral. A integração de IA nestas áreas têm mostrado potencial significativo para aprimorar a interpretação de imagens, facilitando diagnósticos, proporcionando maior rapidez e precisão (CHAN, 2018).

Nesse sentido, o objetivo principal do uso de IA em radiologia odontológica é aumentar a eficiência e a qualidade dos serviços prestados. A IA pode analisar grandes volumes de dados de forma mais rápida e precisa do que os métodos tradicionais, permitindo aos profissionais de saúde focar em aspectos mais complexos e personalizados do cuidado ao paciente. Além disso, pode auxiliar na padronização dos diagnósticos e na redução de erros humanos, aumentando a sensibilidade e promovendo uma prática odontológica mais segura (THURZO, 2022).

Muitos estudos estão empenhados na melhoria de classificação e segmentação de radiográficas orais a partir da aprendizagem de máquinas. Utilizam-se de morfologia matemática, modelos de contorno ativo, métodos de definição de níveis, descritores de Fourier, texturas, técnicas bayesianas, modelos lineares ou máquinas de vetores de suporte binários. A classificação inclui um amplo espectro desde a detecção da ausência ou presença de patologia ou objeto de interesse, até a classificação da mesma. Para a eficiência das IA no uso de imagens, são necessários grandes bancos, os chamados “big datas”. Estes estão cada vez mais robustos, sobretudo com exames de tomografia computadorizada (GHODS, 2023).

Recentemente, vários autores (RASTEAU, 2022; MONTERUBBIANESI, 2022; FERRO, 2019) começaram a realizar estudos focados na avaliação do uso da IA em tecnologias de imagem, aplicadas especificamente a protocolos de diagnóstico em odontologia. Estes estudos têm investigado a implementação, em diversas áreas da medicina oral. A utilização da IA tem sido relatada em uma ampla gama de exames radiográficos, incluindo radiografias periapicais, radiografias bite-wing (interproximais), tomografia computadorizada de feixe cônico (CBCT), ressonâncias magnéticas (RM) e radiografias panorâmicas. A aplicação da IA nestes exames têm mostrado potencial para aprimorar significativamente a precisão diagnóstica, a eficiência dos processos clínicos e a qualidade geral dos cuidados odontológicos.

O uso de IA para a análise de CBCT e RM têm revolucionado a forma como se avalia a anatomia facial e se visualizam patologias em cirurgias orais e maxilofaciais. Esses avanços tecnológicos permitem uma visualização automática e sensível das estruturas craniofaciais, proporcionando uma compreensão mais precisa das condições clínicas e facilitando a tomada de decisões. A aplicação da IA é particularmente eficaz na avaliação de lesões císticas e na localização de terceiros molares inclusos, permitindo aos cirurgiões planejar intervenções com maior precisão. A identificação de osteoporose nos maxilares também é aprimorada com o uso desta tecnologia, oferecendo insights valiosos sobre a densidade óssea e a saúde geral dos ossos maxilares (CHOI, 2022).

Além disso, a IA melhora significativamente a detecção de calcificações de tecidos moles e anomalias em áreas circundantes aos elementos dentários, como o espessamento da mucosa no seio maxilar e a presença de radiopacidades na mandíbula. Essas capacidades avançadas de imagem

auxiliam no diagnóstico preciso de condições patológicas, na formulação de decisões terapêuticas bem fundamentadas e na elaboração de planos de tratamento detalhados (DESHMUKH, 2018).

A IA também permite uma melhor predição de desfechos em saúde, otimizando os resultados dos tratamentos e melhorando a qualidade de vida dos pacientes. Dessa forma, a integração da IA na análise de CBCT e RM representa um avanço significativo na odontologia, promovendo intervenções mais seguras, eficazes e personalizadas (LEE, 2022).

A integração da IA com exames radiográficos periapicais, panorâmicos e tomografias computadorizadas de feixe cônico está sendo amplamente utilizada para a avaliação de lesões periapicais em dentes com polpa necrosada, localização do forame apical e o comprimento de trabalho do canal. O cirurgião-dentista, ao analisar os exames em formato digital, pode automaticamente identificar pontos anormais na região de interesse e conseguir as informações que se fazem necessárias para o tratamento, complementando as informações obtidas pela anamnese e pelo exame clínico (FERRO, 2019).

Na reabilitação oral, com base no *machine learnings*, é possível realizar a fusão de dados de imagens 3D de tomografias, escaneamentos intraorais, de face que resultam na visualização adequada da morfologia do paciente. O papel da IA na implantodontia é sincronizado com o avanço da imagem tridimensional computadorizada de feixe cônico e dos escaneamentos digitais intraorais. São úteis para projetar e fabricar metodicamente a prótese sobre implante. Também são usados exames periapicais e panorâmicos para avaliar as estruturas morfológicas no planejamento de cirurgias (EKERT, 2019).

1.5 APLICAÇÕES NA ORTODONTIA

A inteligência artificial (IA) está revolucionando o paradigma da ortodontia, posicionando-se como uma das especialidades odontológicas com maior número de colaborações com essa tecnologia. Dentre todas as estruturas esqueléticas e de tecidos moles disponíveis para diagnóstico ortodôntico, a face se destaca como uma das mais importantes, embora seja também a mais desafiadora para compreensão científica pelos profissionais. A análise automatizada de superfície facial por IA, proveniente de tomografia computadorizada de feixe cônico (CBCT) ou de qualquer outro tipo de scanner facial, pode ser utilizada para aumentar a precisão e eficiência do diagnóstico em qualquer fase da vida (IMPELLIZZERI, 2020)

Há relatos na literatura sobre a utilidade de ferramentas gerenciadas por IA durante a pandemia de COVID-19, especialmente na fase de retenção ortodôntica ou pré-tratamento, permitindo que as condições clínicas definidas por especialistas fossem avaliadas regularmente através de vídeos caseiros dos pacientes.

Os algoritmos de IA têm a capacidade de analisar radiografias cefalométricas para identificar e medir automaticamente os principais marcos anatômicos utilizados no diagnóstico ortodôntico e no

planejamento de tratamento. Softwares alimentados por IA auxiliam ortodontistas na criação de traçados cefalométricos, na análise de medidas faciais e dentárias, e na simulação de resultados de tratamento com base em protocolos estabelecidos (DHOPTE, 2023).

Estudos recentes utilizaram IA para prever a necessidade de extrações dentárias com base em características clínicas e medidas cefalométricas. A decisão entre extração e não extração tem sido amplamente debatida em ortodontia. Em alguns estudos (LI, 2019), a IA demonstrou uma eficácia de 80% em determinar a melhor abordagem de tratamento para 200 pacientes com má oclusão, na faixa etária de 11 a 15 anos.

Além disso, há relatos sobre o uso de CAD/CAM para impressão 3D de braquetes ortodônticos e alinhadores personalizados. Esses dispositivos impressos são acompanhados por algoritmos que determinam de forma inteligente como os dentes devem ser movimentados, a força a ser aplicada e identificam pontos de pressão específicos (SAGHIRI, 2022).

Na ortopedia dentofacial, o uso de Deep Learning para segmentação dentária automatizada em modelos 3D da mandíbula permite a reconstrução dos dentes com suas raízes a partir de tomografias computadorizadas. Algoritmos iterativos de ponto mais próximo são utilizados para formar um modelo dentário digital completo, proporcionando informações essenciais para a simulação do tratamento ortodôntico (BONNY, 2023).

1.6 APLICAÇÕES NA CIRURGIA E TRAUMATOLOGIA BUCOMAXILOFACIAL

A utilização da IA na área de Cirurgia e Traumatologia Bucomaxilofacial (CTBMF) tem crescido de forma significativa nos últimos anos, auxiliando no melhor desempenho de diversas áreas dessa especialidade (RASTEAU *et al.*, 2022; ESCHERT *et al.*, 2022). Ela tem sido empregada para o desenvolvimento de tarefas que vão desde a triagem do paciente, diagnóstico, plano de tratamento até projeções para o pós-operatório (SHAN, 2021).

Dentre os avanços proporcionados por essa tecnologia, a identificação e precisão de pontos anatômicos característicos em radiografias panorâmicas e tomografias computadorizadas de feixe cônico (CBCT), por meio de softwares especializados, tem sido um dos avanços mais significativos da IA na CTBMF (RASTEAU *et al.*, 2022). Os algoritmos que atuam nesses softwares são capazes de identificar com precisão e rapidez lesões ósseas radiotransparentes na região de maxila e mandíbula.

Estudos anteriores relataram que por meio de modelos com algoritmos específicos de análise de imagens, a precisão de diagnóstico feita por IA apresentou-se tão eficiente quanto as realizadas por um especialista (CHEN, STANLEY e ATT, 2020; RASTEAU *et al.*, 2022). Além disso, outro ponto importante está na capacidade de identificação precoce de lesões pré-malignas na região de boca e faringe por meio da medição de autofluorescência e análise de fotografias que correlaciona parâmetros de alta dimensão com diagnósticos clínicos e fatores prognósticos, constituindo assim verdadeiros

biomarcadores radiológicos revelando pontos característicos na detecção dessas lesões (RASTEAU *et al.*, 2022).

As ferramentas de *machine learning* envolvidas nesse sistema, além de proporcionarem a identificação precoce dessas lesões, podem ser capazes de prever a evolução da doença, projetar o prognóstico, bem como podem auxiliar, por meio dos dados de prontuários eletrônicos presentes em seus banco de dados, a escolha do tratamento mais adequado para cada caso (FONTENELE *et al.*, 2023).

Outro avanço importante dessas ferramentas encontra-se nas Cirurgias Ortognáticas. A localização de pontos cefalométricos é um fator crucial para o diagnóstico ortodôntico preciso e procedimentos de tratamento. Erros na identificação desses pontos de referências estão diretamente ligados ao diagnóstico equivocado e resultados de tratamentos falhos (VILA-BLANCO *et al.*, 2021; FONTENELE *et al.*, 2023;). Nesse contexto, buscando evitar a ocorrência desses danos, a detecção automatizada de pontos de referência usando técnicas de *machine learning* em radiografias cefalométricas laterais emergiu como uma abordagem promissora (ESCHERT *et al.*, 2022; FONTENELE *et al.*, 2023).

A literatura tem registrado os diversos métodos empregados por autores em relação a precisão e eficiência na detecção desses pontos, como por exemplo, a “técnica de floresta aleatória”. Entretanto, essas técnicas mais tradicionais de detecção de pontos possuem limitações (MIRAGALL *et al.*, 2023). Quando comparadas aos sistemas de detecção automatizado, as técnicas tradicionais são consideradas como procedimentos demorados, possuem maior risco de apresentarem potenciais vieses e imprecisões associadas aos dados de pontos de referência detectados que podem ser influenciados pela experiência do observador (MIRAGALL *et al.*, 2023).

Ainda se tratando dos aspectos relacionados aos avanços da IA na cirurgia ortognática, a possibilidade de projeções do perfil pós-operatório de pacientes é uma possibilidade fornecida atualmente (ROKSHAD, KEYHAN e YOUSEFI, 2023). Além disso, o planejamento auxiliado por IA baseado em imagens e modelos 3D, possibilita a simplificação da análise cefalométrica e simulação de operação, bem como oferece uma visualização mais precisa de anormalidades dentárias, inclinação do plano oclusal e comprimento do corpo e ramo da mandíbula (VILA-BLANCO *et al.*, 2021).

A extração de terceiros molares impactados também foi outro procedimento que ganhou destaque com a implementação de tecnologias mais atuais. Esse pode ser considerado como um dos procedimentos mais realizados na especialidade de CTBMF. As redes neurais artificiais que foram introduzidas para otimizar e orientar o procedimento de extração desses dentes podem prever o resultado cirúrgico, dificuldades, angulação do dente, bem como a relação do dente com o canal mandibular. Embora as complicações neurológicas não possam ser totalmente evitadas em casos com um nível maior de complexidade, ainda assim o uso de IA no pré-operatório reduz significativamente

as chances de lesão neurológica. Além disso, esse tipo de tecnologia permite uma previsão para complicações de edema pós-operatório, proporcionando ao paciente um maior nível de conhecimento para cuidados pós-cirúrgicos (RASTEAU *et al.*, 2022; MIRAGALL *et al.*, 2023).

Apesar do grande avanço que a inteligência artificial vem proporcionando para a odontologia, suas limitações na CTBMF ainda são fortemente debatidas. Questões relacionadas com a limitada explicação e falta de transparência do desenvolvimento de diagnóstico proporcionados por essas tecnologias tornam-se fatores que corroboram para o ceticismo de alguns profissionais da área (AHMED *et al.*, 2021). À medida que essa tecnologia se torna mais precisa em resultados, sua complexidade também parece evoluir, limitando não só a compreensão dos profissionais de saúde, como também dos pacientes (KRISHNAN, 2022; MIRAGALL *et al.*, 2023).

Há estudo que destaca a limitação em conteúdo científico a respeito das ferramentas de IA em revistas conceituadas. Além disso, recomendam que os programas de residência uniprofissional em CTBMF incorporem currículos essenciais de IA em suas ofertas educacionais para melhorar a compreensão dos modelos e algoritmos de IA por parte dos profissionais (MIRAGALL *et al.*, 2023).

Em suma, embora a implementação das ferramentas fornecidas pela IA ainda sejam recentes no ramo da Cirurgia e Traumatologia Bucomaxilofacial, seu auxílio no diagnóstico, decisão terapêutica, planejamento pré-operatório ou previsão do resultado da cirurgia é de significativa importância na prática clínica diária (RASTEAU *et al.*, 2022; ALZAID *et al.*, 2023). Apesar de existirem algumas situações que precisam ser resolvidos em termos de ética, proteção de dados e transparência de diagnóstico, a implementação dessa tecnologia no meio odontológico pode ser considerada como um auxílio permanente.

1.7 APLICAÇÕES NA ENDODONTIA

A endodontia, especialidade odontológica dedicada ao diagnóstico e tratamento das patologias da polpa dental e dos tecidos periapicais, tem se beneficiado enormemente dos avanços tecnológicos, sobretudo, por se tratar de uma área que exige inúmeras habilidades associadas (KAROBARI *et al.*, 2023). Entre as inovações mais promissoras está a aplicação da inteligência artificial, visto que sua capacidade de análise de grandes volumes de dados, oferece ferramentas poderosas para melhorar a precisão dos diagnósticos, otimizar os planos de tratamento e aumentar a eficiência dos procedimentos endodônticos (MORAES *et al.*, 2019).

Apesar dos avanços nas técnicas de tratamento, instrumentação e materiais, estudos epidemiológicos revelam uma alta prevalência de lesões periapicais radiográficas e a persistência da patologia periapical em dentes tratados endodonticamente, o que torna relevante o uso de IA para auxiliar não apenas na prática clínica odontológica, mas também contribuir para a personalização do atendimento ao paciente, garantindo tratamentos mais rápidos, seguros e eficazes, o que representa um

avanço significativo, alinhando-se com a tendência global de incorporar tecnologia de ponta para aprimorar os cuidados de saúde e bem-estar dos pacientes (KAROBARI *et al.*, 2023; PAULINO *et al.*, 2023; SAVEGNAGO *et al.*, 2024).

Saeed Asgary (2024), em uma revisão bibliográfica, explorou os avanços recentes em redes neurais artificiais na endodontia. Essa estrutura de arquitetura neural compreende neurônios com sistemas robustos interconectados que funcionam principalmente como sistemas de informação para determinar os problemas. Os resultados indicaram que os modelos de inteligência artificial têm uma grande utilidade na análise da anatomia dos canais radiculares. Eles permitem tanto a detecção precoce de lesões periapicais quanto a determinação precisa do comprimento de trabalho.

Além disso, os modelos de IA mostraram uma capacidade excepcional de reconhecer pontos de referência e lesões em tomografias computadorizadas de feixe cônico, mantendo consistentemente altas taxas de precisão. Ademais, mostraram-se eficazes na previsão do sucesso de tratamentos, identificação de diversas condições como cáries dentárias, inflamações pulpares e fraturas radiculares verticais, bem como na oferta de segundas opções para tratamentos de canal radicular não cirúrgicos.

Em uma revisão sistemática, Boreak (2020) ressaltou que existe uma gama de aplicações da IA implementada na endodontia, mas destacou a eficácia das aplicações de inteligência artificial desenvolvidas para diagnóstico endodôntico, apoio na tomada de decisões e previsão de prognósticos. No estudo, também foi abordado o uso das redes neurais na endodontia, baseadas principalmente em redes neurais convolucionais (CNNs) e redes neurais artificiais (RNAs). Esses sistemas de IA têm sido aplicados na localização precisa do forame apical, prognósticos relacionados à necessidade de retratamento, previsão de condições periapicais, detecção e diagnóstico preciso de fraturas radiculares verticais, além da avaliação minuciosa das morfologias radiculares. As investigações indicam que as redes neurais apresentaram resultados comparáveis aos de profissionais experientes em termos de acurácia e precisão.

Savegnago *et al.* (2024) reuniu alguns dados relevantes ao realizar uma revisão narrativa da literatura. Na revisão, foi destacado um sistema inovador de localização do forame apical que alcançou uma taxa de sucesso de 93% na localização precisa do forame apical, ao extrair características radiográficas e processá-las em redes neurais artificiais. Nos resultados referentes à detecção de lesões periapicais, foi constatado que softwares empregando inteligência artificial apresentaram altas taxas de precisão, alcançando 93% de acurácia com imagens de tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) e 85% com radiografias panorâmicas. Na análise de pesquisas com foco nas fraturas radiculares, a IA obteve uma acurácia diagnóstica de 70% com radiografias periapicais e de 96% com imagens de tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC).

Esses avanços representam uma oportunidade marcante para a endodontia, com o potencial de transformar radicalmente a maneira como os profissionais de odontologia abordam o diagnóstico e o

tratamento das condições endodônticas. No entanto, é crucial que os profissionais estejam preparados para integrar a IA em sua prática de forma ética e responsável, garantindo que as vantagens sejam maximizadas para o benefício dos pacientes. Nesse sentido, podemos esperar que a IA continue a desempenhar um papel cada vez mais importante na evolução da endodontia e na melhoria dos resultados clínicos para os pacientes (KESKIN, 2021; BOREAK, 2020).

1.8 APLICAÇÕES NA IMPLANTODONTIA E PRÓTESE DENTÁRIA

A Implantodontia e a Prótese dentária se apresentam como áreas da odontologia responsáveis pela reposição dos elementos dentários perdidos e/ou comprometidos de forma artificial. Com o aprimoramento dos materiais restauradores odontológicos e a IA, é possível entregar resultados melhores aos pacientes e com maior eficiência na prática clínica odontológica (HENDI *et al.*, 2024).

Nesse contexto, a IA tem se mostrado como uma grande aliada da odontologia e em especial, das áreas reabilitadoras da saúde oral, por ter papel fundamental no diagnóstico, oferecendo suporte à decisão de tratamento, além de gerenciar situações complexas, aumentando a previsibilidade dos casos e indicar possíveis resultados negativos durante a reabilitação oral. Entretanto, é necessária uma transformação completa do fluxo de trabalho convencional para o fluxo de trabalho digital (DHOPTÉ *et al.*, 2023; FERRO *et al.*, 2019).

Na perspectiva da implantodontia, a IA é comumente utilizada para auxiliar no diagnóstico e no planejamento do tratamento, pois analisa imagens de tomografia computadorizada de feixe cônico e de escaneamento digital intraoral e de face do paciente, podendo simular a instalação de implantes dentários e fornecer planos de tratamento virtuais, exibidos por meio de simulações tridimensionais a posição de colocação e a angulação ideais dos implantes dentários para obter resultados previsíveis do ponto de vista biomecânico e estético (FERRO *et al.*, 2019).

O plano de tratamento do caso é realizado em softwares, como DTX Studio, Blue Sky Plan, NeoGuide System, DIONavi e Simplant, entre outros, de acordo com as informações de posicionamento tridimensional anatômico e oclusal das próteses sobre implante, planejadas digitalmente por meio de um planejamento reverso. Alguns desses softwares citados estão disponíveis gratuitamente para planejamento digital (FERRO *et al.*, 2019).

A IA ajuda na identificação de anomalias dentárias comparando os dados e exames dos pacientes com normas e padrões estabelecidos, esses algoritmos podem sinalizar desvios e anormalidades e notificar o operador sobre possíveis problemas. Colaboram na tomada de decisão, previsibilidade do tratamento, planejamento pré-operatório (confecção de guias cirúrgicas), reconhecimento de tipos de implante por meio do reconhecimento de imagem usando radiografias periapicais e panorâmicas (FERRO *et al.*, 2019; DHOPTÉ e BAGDE, 2023; TURZHO *et al.*, 2022).

Com o algoritmo da IA é possível calcular e minimizar a tensão na interface implante-osso observando três variáveis do implante (o comprimento do implante, o comprimento da rosca e o passo da rosca), além de calcular com precisão o módulo de elasticidade da interface implante-osso. A IA aumenta a previsibilidade da osseointegração por meio da análise dos fatores de risco e da anatomia óssea, juntamente com cálculos de análise de elementos finitos (HENDI *et al.*, 2024; DHOPTÉ *et al.*, 2023; REVILLA-LEÓN *et al.*, 2021)

Na prótese dentária observa-se uma total imersão da especialidade na IA, desde a captação de imagem das arcadas via escâneres intraorais e de bancada até a produção protética a partir de fresadoras, por meio da tecnologia CAD/CAM. A evolução da IA nessa especialidade foi intensa, principalmente na fabricação de próteses removíveis e fixas, evidenciação de margens protéticas, na seleção de cores, confecção de próteses sobre implantes e de próteses maxilofaciais, além do estabelecimento de relação maxilo-mandibular facilitado (HENDI, *et al.*, 2024).

O fluxo de IA na prótese dentária inicia no uso dos escaneres intraorais. A IA é usada durante o processo de digitalização para remover automaticamente o excesso de tecidos moles e materiais (TURZHO *et al.*, 2022).

No software o algoritmo tem a capacidade de processar dados e associar as informações clínicas relevantes dos pacientes inseridas no sistema, como impressões digitais, radiografias e escaneamentos faciais, para criar modelos virtuais 3D da anatomia oral do paciente para um diagnóstico ideal (DHOPTÉ *et al.*, 2023)

Os softwares também realizam a classificação de arcos dentários em prótese removível, assim como sugerem de forma autônoma diferentes designs de estruturas consideradas mais adequadas para o caso clínico, auxiliam no projeto da prótese, na determinação do seu tipo (removível ou fixa) e na seleção dos componentes, identificam dentes comprometidos periodontalmente, além de delimitar as áreas de término de margem de preparos com finalidades cerâmicas em onlay, inlay, coroas e pontes fixas necessitando apenas de pequenos ajustes por conta do operador ou até mesmo nenhum, melhorando a precisão das próteses finais e diminuindo a necessidade de ajustes manuais (THURZO *et al.*, 2022; FERRO *et al.*, 2019; DHOPTÉ *et al.*, 2023)

Os dados gerados por máquinas tridimensionais são utilizados pela IA para projetar a prótese sobre implante em um planejamento reverso, determinando assim a posição e angulação mais conveniente para o implante e fabricação de guias cirúrgicas precisas (AL HENDI, *et al.*, 2024).

Na prótese convencional a integração da IA aumentou a exatidão, precisão e a confiabilidade, impactando positivamente nos resultados clínicos. Durante o projeto digital a ferramenta CAD/CAM é usada para a fabricação de restaurações dentárias fixas e removíveis. Nesse processo pode ser utilizada uma biblioteca virtual com milhões de coroas naturais para criar o melhor design de coroa possível para as várias situações clínicas, além do software possibilitar recriar relações intermaxilares

aceitáveis, configurando os dentes projetados corretamente, avaliando as relações oclusais e identificando interferências em busca da dinâmica funcional adequada. A análise virtual da articulação e da oclusão pode auxiliar no planejamento do tratamento protético, garantindo alinhamento oclusal adequado e harmonia para resultados funcionais e estéticos apropriados (DHOPTÉ *et al.*, 2023; TURZHO *et al.*, 2022).

Os modelos confeccionados nos softwares servem como uma ferramenta de diagnóstico confiável para seleção da cor do dente apresentando formas variadas e possibilitando ajustes na estética em busca dos melhores resultados para o paciente durante o design digital do sorriso, além de prever alterações faciais em pacientes com próteses removíveis e projeto de próteses parciais removíveis. Os softwares também são capazes de prever a alteração da cor das restaurações protéticas em diversas condições de iluminação (DHOPTÉ *et al.*, 2023; BONNY *et al.*, 2023).

Além dos modelos, o design do sorriso utiliza a digitalização facial em 3D e os recursos virtuais junto a tomografia computadorizada segmentada, varreduras intraorais e varreduras faciais resultando na virtualização da morfologia do paciente, produzindo um projeto facial com o sorriso do paciente (TURZHO *et al.*, 2022).

O software CAD/CAM não apenas projeta como também é responsável por fabricar, imprimir ou fresar a prótese. Comumente utilizado para fabricar inlays, onlays, coroas e pontes fixas. Resultando em uma economia de tempo, recursos e energia para o cirurgião-dentista, protético e para os pacientes, além de reduzir as chances de erro humano na prótese final e execução de procedimentos desnecessários (HENDI, *et al.*, 2024).

1.9 APLICAÇÕES NA ODONTOLOGIA LEGAL

A Odontologia Legal, também chamada de Odontologia Forense, é uma especialidade da odontologia que emprega processos técnico-científicos para auxiliar na identificação humana em perícias focadas na cabeça e pescoço. Isso inclui a análise de arcadas dentárias, a comparação de registros odontológicos, a reconstrução facial e a identificação de outras estruturas anatômicas da região, contribuindo de forma crucial para investigações legais e judiciais (RAMOS *et al.*, 2021).

A importância do odontologista tornou-se crucial na ciência forense, particularmente devido às características histológicas dos dentes que os tornam resistentes, como não sofrerem danos quando submetidos a temperaturas de 600°C e permanecerem intactos por longos períodos após a deterioração do corpo. Assim, quando um corpo é encontrado em condições como esqueletização, carbonização, estágios avançados de decomposição ou outras situações que dificultem ou impossibilitem a identificação por métodos tradicionais, como a datiloscopia, a análise da estrutura dental se torna fundamental para a identificação individual (BIANCH, 2019).

Os avanços na informática e o refinamento da radiologia têm desempenhado um papel significativo na obtenção de maior precisão e análise detalhada de imagens, proporcionando ampliações sem perda de qualidade, reduzindo o tempo de processamento das imagens e oferecendo diversas opções de ajustes. Esses avanços têm possibilitado identificações mais precisas e facilitado a comparação entre exames radiográficos ante-mortem e post-mortem (RAMOS *et al.*, 2021; BIANCH, 2019).

Nascimento Neto *et al.* (2019) conduziram uma pesquisa com o intuito de mapear e categorizar os conhecimentos forenses, com o propósito de desenvolver um plano metodológico para embasar a criação de uma ferramenta baseada em inteligência artificial específica para a Odontologia Legal. O estudo apresentou uma proposta que utiliza a inteligência artificial para armazenar registros odontológicos, realizar comparações e reconhecer imagens radiográficas, assegurando a legitimidade e autenticidade dos dados.

O software elaborado no estudo contou com a participação do cirurgião-dentista, das empresas de radiologia e do odontologista, e é constituído por uma interface gráfica que atua de forma online e permite ao usuário (cirurgião-dentista) inserir o cadastro da documentação odontológica, formada por prontuários, radiografias, odontogramas e fotografias. Dessa forma, é possível criar um banco de dados com informações precisas de um indivíduo, o que permite identificar o nível de semelhança entre os exames ante-mortem e post-mortem e, a partir disso, poder dar um laudo confirmando ou não a identificação da vítima, o que auxilia e otimiza o trabalho do odontologista (NASCIMENTO NETO *et al.*, 2019; BIANCH, 2019).

Paralelamente a isso, (MOLLO FILHO; MELANI, 2022), demonstraram por meio de uma revisão bibliográfica a relevância do uso de scanners intraorais e suas aplicabilidades na prática da odontologia forense. O recurso é capaz de gerar modelos tridimensionais digitais da cavidade oral que podem ser armazenados, analisados e comparados utilizando aplicativos próprios.

Com a aplicação da técnica se obtém registros com agilidade e precisão e os dados podem ser obtidos, se necessário, no próprio local em que se encontra o corpo durante a avaliação pericial. A pesquisa demonstra que os scanners intraorais apresentam como diferencial a possibilidade de realizar a diferenciação de gêmeos monozigóticos por análise das rugosidades palatinas, detalhe anatômico que também é capaz de individualizar cada pessoa (GIOSTER-RAMOS *et al.*, 2021; Bianch, 2019).

Dessa forma, a inteligência artificial aliada aos exames de imagens e algoritmos de comparação têm se mostrado recursos de extrema importância no processo de identificação humana.

2 PERSPECTIVAS DA IA NA ODONTOLOGIA

Com o advento e aplicabilidade das IAs em saúde, a possibilidade do atendimento virtual através de teleodontologia vem se destacando como promissora e tem potencial de alcançar pacientes

em regiões mais remotas com acesso limitado à assistência odontológica, de tal forma que possam, a partir deste novo recurso, receber consultas de forma mais rápida e também eficiente (AGRAWAL e NIKHADE, 2022; GHODS *et al.*, 2023).

Dentre os ramos da odontologia com maior aplicabilidade desses recursos tecnológicos, sem dúvidas, o diagnóstico e tratamento tem sido o mais impactado. Algoritmos de *machine learning* são capazes de analisar imagens radiográficas, tomografias computadorizadas e outros exames de imagem, fornecendo uma identificação mais rápida e precisa de condições como cáries, fraturas, doenças periodontais e até lesões pré-malignas, o que vem ajudando no diagnóstico precoce e poderá ser, brevemente, considerado uma ferramenta essencial de uso clínico para minimizar as chances de um prognóstico ruim para o paciente (CHWENDICKE, SAMEK e KROIS, 2020).

Além disso, softwares que proporcionam realidade aumentada e imagens em 3D revelam que a IA é uma ferramenta promissora para evolução de diagnósticos odontológicos mais efetivos (PETHANI, 2021; BONNY *et al.*, 2023). Um estudo demonstrou a eficiência de uma rede neural artificial em proporcionar um diagnóstico com boa precisão. Nesse estudo, foi feita a comparação entre o diagnóstico feito por um especialista e pela RNA, o resultado demonstrou que a IA apresentou uma alta sensibilidade e especificidade no diagnóstico apresentado (TANDON, RAJAWAT e BANERJEE, 2020).

No que diz respeito à individualização dos tratamentos, algoritmos avançados são capazes de analisar dados fornecidos previamente sobre a saúde bucal e histórico médico-odontológico de cada paciente permitindo, o que permitirá que cirurgiões-dentistas criem planos de tratamento personalizados na prática clínica diária (SHAN, 2021).

Em relação ao monitoramento e prevenção, a literatura relata que por meio RNA foi possível a criação de um modelo capaz de prever a possibilidade de dor de dente em pacientes. Esse estudo usou a associação entre a dor de dente, frequência de escovação, utilização de fio dental e outros fatores como alimentação e atividade física. O modelo feito neste estudo conseguiu reconhecer hábitos alimentares adequados, higiene oral e prevenção de estresse como os fatores mais importantes na prevenção da odontologia (TANDON, RAJAWAT e BANERJEE, 2020).

Além dos pontos supracitados, os avanços no planejamento cirúrgico tem se mostrado promissores para aplicação no meio odontológico (ALZAID *et al.*, 2023). Por meio de softwares especializados em *machine learning* é possível realizar cirurgias complexas, como a colocação de implantes ou cirurgias ortognáticas, com maior precisão. Esses softwares tem o intuito de tornar os procedimentos menos invasivos, o que irá reduzir o tempo de recuperação e proporcionando uma maior segurança para o paciente (RODRIGUES, KROIS e SCHWENDICKE, 2021; ALZAID *et al.*, 2023).

Apesar dos resultados promissores que a inteligência artificial proporciona para o meio odontológico, diversos autores ainda debatem sobre as dificuldades e falhas apresentadas por essa

tecnologia. Entre as principais questões levantadas destacam-se a alta complexidade do entendimento desses sistemas e o alto número de dados de saúde usados em testes prévios para o desenvolvimento desses sistemas que estão sobre o risco de vazamento (CHWENDICKE; SAMEK; KROIS, 2020).

Alguns autores destacam ainda o viés da automação que ocorre quando alguns profissionais subestimam a possibilidade de erro nas informações apresentadas por IA (GLICK *et al.*, 2022). O fato da informação ter sido gerada por um computador já é suficiente para que o profissional adote o resultado como uma verdade absoluta, por mais que por vezes ele próprio tenha dúvidas do resultado, isso o impede de averiguar mais a fundo, possibilitando a chance de erro (GLICK *et al.*, 2022).

2.1 ASPECTOS LEGAIS DA IA NA ODONTOLOGIA

Atualmente, não há leis especificamente definidas para o uso de IA na odontologia. (ROGANOVIĆ e RADENKOVIĆ, 2023; ROGANOVIĆ, RADENKOVIĆ e MILIČIĆ, 2023; ROKHSHAD *et al.*, 2023).

A responsabilidade médica atualmente definida na forma da lei é inadequada e, portanto, pode não encorajar o uso seguro de IA na tomada de decisões clínicas. Pode-se afirmar com certeza que o uso de IA na tomada de decisões clínicas precisa de vigilância odontológica, e o papel dos dentistas é crucial na prevenção de complicações odontológicas, bem como na revisão de sistemas de IA (ROGANOVIĆ e RADENKOVIĆ, 2023).

Para respeitar a interação entre o homem e a tecnologia em um ambiente clínico, a IA na medicina e odontologia deve ter um papel complementar no trabalho dos profissionais clínicos. Na odontologia, vários algoritmos do tipo software são usados como a aplicação básica da IA, que deve melhorar a precisão do diagnóstico odontológico, fornecer visualização de diretrizes anatômicas durante o tratamento e, devido à possibilidade de analisar grandes quantidades de dados, prever a ocorrência e o prognóstico de doenças orais. O uso consciente e ético da IA na odontologia deve considerar: (1) quando aplicar a IA e (2) como usar a IA de forma adequada e responsável. Os pacientes devem ser notificados sobre como seus dados são usados, também sobre o envolvimento da tomada de decisão baseada em IA, especialmente se houver falta de política regulatória se a IA for utilizada para diminuir custos em vez de melhorar a saúde dos pacientes ou se o dentista tiver um conflito de interesses. À medida que muitos dentistas estão acelerando na direção da integração de sistemas de IA em diagnósticos, prognósticos e tratamento odontológico, as questões legais e éticas estão se tornando ainda mais pertinentes. (ROGANOVIĆ, RADENKOVIĆ e MILIČIĆ, 2023).

Notavelmente, particularmente para IA, considerar uma rede de múltiplas partes interessadas, incluindo pacientes, clínicos, desenvolvedores de software e sociedade, bem como os requisitos, necessidades e restrições específicas da especialidade médica alvo podem ser relevantes; diretrizes existentes e aplicadas à medicina não serão inteiramente aplicáveis à odontologia. Torna-se necessário



uma estrutura e um *guideline* específico sobre IA odontológica, o que deverá facilitar a disseminação para o domínio odontológico e ajudar a otimizar a IA odontológica em relação a seus fundamentos éticos (ROKSHAD *et al.*, 2023).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A IA tornou-se uma excelente ferramenta para a odontologia, proporcionando diversas vantagens que melhoraram tanto a prática clínica quanto a experiência dos pacientes. É notável o potencial da IA para transformar a forma como os cirurgiões-dentistas lidam com o diagnóstico, planejamento e tratamento de seus pacientes.

Embora haja limitações e falhas apresentadas pelos recursos de IA que ainda precisam ser resolvidas, as vantagens apresentadas por essas ferramentas se sobressaem e demonstram-se promissoras no meio odontológico. Ainda assim, o emprego dessas tecnologias na prática clínica odontológica é um desafio e a falta de aceitação dessas ferramentas pode ser atribuída à complexidade de lidar com novas tecnologias e à dificuldade de adquirir novas habilidades.

Todas as partes interessadas nesse processo, como os dentistas, pacientes, e desenvolvedores de sistemas, devem considerar e priorizar, dentre outros fatores, o bem-estar, a privacidade, a lei, e o respeito à autonomia e à tomada de decisão ao desenvolver, implementar ou receber IA odontológica.



REFERÊNCIAS

- AHMED, N. et al. Artificial Intelligence Techniques: Analysis, Application, and Outcome in Dentistry—A Systematic Review. *BioMed Research International*, v. 2021, p. e9751564, 23 jun. 2021.
- AL HENDI, K. D. et al. Artificial intelligence in prosthodontics. *Bioinformation*, v. 20, n. 3, p. 238–242, 31 mar. 2024.
- SONG, Y. B. et al. Comparison of detection performance of soft tissue calcifications using artificial intelligence in panoramic radiography. *Scientific Reports*, v. 12, n. 1, p. 19115, 9 nov. 2022.
- LEE, S.; KIM, D.; JEONG, H.G. Detecting 17 fine-grained dental anomalies from panoramic dental radiography using artificial intelligence. *Scientific Reports*, v. 12, n. 1, 25 mar. 2022.
- GHODS, K. et al. Application of Artificial Intelligence in Clinical Dentistry, a Comprehensive Review of Literature Machine learning; Deep learning; Diagnostic System. *J Dent Shiraz Univ Med Sci*, v. 24, n. 4, 2023.
- QUINTERO-ROJAS, J.; GONZÁLEZ, J. D. Use of Convolutional Neural Networks in Smartphones for the Identification of Oral Diseases Using a Small Dataset. *Revista Facultad de Ingeniería*, v. 30, n. 55, p. e11846, 7 fev. 2021.
- DHOPTÉ, A. et al. Smart Smile: Revolutionizing Dentistry With Artificial Intelligence. *Cureus*, v. 15, n. 6, 30 jun. 2023.
- WANG, Y. et al. Developing Children's Oral Health Assessment Toolkits Using Machine Learning Algorithm. *JDR clinical and translational research*, v. 5, n. 3, p. 233–243, 1 jul. 2020.
- CARVALHO, D. K. DE et al. Benefício da inteligência artificial para o diagnóstico precoce da cárie dentária: Revisão integrativa. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 4, p. e43210413083, 17 abr. 2021.
- DEVLIN, H. et al. The ADEPT study: a comparative study of dentists' ability to detect enamel-only proximal caries in bitewing radiographs with and without the use of AssistDent artificial intelligence software. *British Dental Journal*, v. 231, n. 8, p. 481–485, 1 out. 2021.
- AL-NAMANKANY, A. Influence of Artificial Intelligence-Driven Diagnostic Tools on Treatment Decision-Making in Early Childhood Caries: A Systematic Review of Accuracy and Clinical Outcomes. *Dentistry Journal*, v. 11, n. 9, p. 214, 1 set. 2023.
- TANDON, D.; RAJAWAT, J. Present and future of artificial intelligence in dentistry. *Journal of Oral Biology and Craniofacial Research*, v. 10, n. 4, p. 391–396, 2020.
- KÜHNISCH, J. et al. Caries Detection on Intraoral Images Using Artificial Intelligence. *Journal of Dental Research*, v. 101, n. 2, p. 158–165, 20 ago. 2021.
- GÓMEZ, S. et al. Pasado, presente y futuro de la cariología. *International journal of interdisciplinary dentistry*, v. 15, n. 3, p. 250–254, 1 dez. 2022.
- CABRAL, B. M. DE S. et al. Benefícios da inteligência artificial na identificação de cárie dentária: revisão integrativa. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 2, p. e18310212117–e18310212117, 9 fev. 2021.

- PETHANI, F. Promises and perils of artificial intelligence in dentistry. *Australian Dental Journal*, 17 jan. 2021.
- ARSIWALA-SCHEPPACH, L. T. et al. Impact of artificial intelligence on dentists' gaze during caries detection: A randomized controlled trial. *Journal of Dentistry*, v. 140, p. 104793, 1 jan. 2024.
- CHAVES, E.T. et al. Detecção de Cárie ao Redor de Restaurações em Mordidas Usando Aprendizado Profundo. *Revista de Odontologia*, v. 143, p. 104886–104886, 1º de abril. 2024.
- CHAN, M. et al. Accuracy of extraoral bite-wing radiography in detecting proximal caries and crestal bone loss. *The Journal of the American Dental Association*, v. 149, n. 1, p. 51–58, jan. 2018.
- THURZO, A. et al. Where Is the Artificial Intelligence Applied in Dentistry? Systematic Review and Literature Analysis. *Healthcare (Basel, Switzerland)*, v. 10, n. 7, p. 1269, 8 jul. 2022.
- CHEN, H. et al. A deep learning approach to automatic teeth detection and numbering based on object detection in dental periapical films. *Scientific Reports*, v. 9, n. 1, p. 3840, 7 mar. 2019.
- RASTEAU, S. et al. Artificial intelligence for oral and maxillo-facial surgery: A narrative review. *Journal of Stomatology, Oral and Maxillofacial Surgery*, v. 123, n. 3, p. 276–282, 1 jun. 2022.
- MONTERUBBIANESI, R. et al. Augmented, Virtual and Mixed Reality in Dentistry: A Narrative Review on the Existing Platforms and Future Challenges. *Applied Sciences*, v. 12, n. 2, p. 877, 1 jan. 2022.
- FERRO; NICHOLSON; KOKA. Innovative Trends in Implant Dentistry Training and Education: A Narrative Review. *Journal of Clinical Medicine*, v. 8, n. 10, p. 1618, 4 out. 2019.
- LEE, S.; KIM, D.; JEONG, H.-G. Detecting 17 fine-grained dental anomalies from panoramic dental radiography using artificial intelligence. *Scientific Reports*, v. 12, n. 1, 25 mar. 2022.
- EKERT, T. et al. Deep Learning for the Radiographic Detection of Apical Lesions. *Journal of Endodontics*, v. 45, n. 7, p. 917-922.e5, 1 jul. 2019.
- KESKİN, C.; KELEŞ, A. Digital Applications in Endodontics. *Journal of Experimental and Clinical Medicine*, v. 38, n. SI-2, p. 168–174, 19 mai. 2021.
- LEE, S.; KIM, J.-E. Evaluating the Precision of Automatic Segmentation of Teeth, Gingiva and Facial Landmarks for 2D Digital Smile Design Using Real-Time Instance Segmentation Network. *Journal of Clinical Medicine*, v. 11, n. 3, p. 852, 6 fev. 2022.
- ALZAID, N. et al. Revolutionizing Dental Care: A Comprehensive Review of Artificial Intelligence Applications Among Various Dental Specialties. *Cureus*, v. 15, n. 10, 14 out. 2023.
- CHEN, Y.-W.; STANLEY, K.; ATT, W. Artificial intelligence in dentistry: current applications and future perspectives. *Quintessence International (Berlin, Germany: 1985)*, v. 51, n. 3, p. 248–257, 2020.
- ESCHERT, T. et al. A Survey on the Use of Artificial Intelligence by Clinicians in Dentistry and Oral and Maxillofacial Surgery. *Medicina*, v. 58, n. 8, p. 1059, 1 ago. 2022.
- FATIMA, A. et al. Advancements in Dentistry with Artificial Intelligence: Current Clinical Applications and Future Perspectives. *Healthcare*, v. 10, n. 11, p. 2188, 31 out. 2022.

FONTENELE, R. C. et al. Convolutional neural network-based automated maxillary alveolar bone segmentation on cone-beam computed tomography images. *Clinical oral implants research*, v. 34, n. 6, p. 565–574, 2023.

KRISHNAN, D. G. Artificial Intelligence in Oral and Maxillofacial Surgery Education. *Oral and Maxillofacial Surgery Clinics of North America*, v. 34, n. 4, p. 585–591, nov. 2022.

MIRAGALL, M. F. et al. Face the Future—Artificial Intelligence in Oral and Maxillofacial Surgery. *Journal of Clinical Medicine*, v. 12, n. 21, p. 6843, 1 jan. 2023.

ROKSHAD, R.; KEYHAN, S. O.; YOUSEFI, P. Artificial intelligence applications and ethical challenges in oral and maxillo-facial cosmetic surgery: a narrative review. *Maxillofacial Plastic and Reconstructive Surgery*, v. 45, n. 1, 13 mar. 2023.

SHAN, T.; TAY, F. R.; GU, L. Application of Artificial Intelligence in Dentistry. *Journal of Dental Research*, v. 100, n. 3, p. 232–244, 1 mar. 2021.

VILA-BLANCO, N. et al. Automated description of the mandible shape by deep learning. *International journal of computer assisted radiology and surgery*, v. 16, n. 12, p. 2215–2224, 2021.

AGRAWAL, P.; NIKHADE, P. Artificial Intelligence in Dentistry: Past, Present, and Future. *Cureus*, v. 14, n. 7, 28 jul. 2022.

ALZAID, N. et al. Revolutionizing Dental Care: A Comprehensive Review of Artificial Intelligence Applications Among Various Dental Specialties. *Cureus*, v. 15, n. 10, 14 out. 2023.

BONNY, T. et al. Contemporary Role and Applications of Artificial Intelligence in Dentistry. *F1000Research*, v. 12, p. 1179–1179, 20 set. 2023.

GHODS, K. et al. Application of Artificial Intelligence in Clinical Dentistry, a Comprehensive Review of Literature Machine learning; Deep learning; Diagnostic System. *J Dent Shiraz Univ Med Sci*, v. 24, n. 4, 2023.

GLICK, A. et al. Impact of explainable artificial intelligence assistance on clinical decision-making of novice dental clinicians. *JAMIA Open*, v. 5, n. 2, 6 abr. 2022.

PETHANI, F. Promises and perils of artificial intelligence in dentistry. *Australian Dental Journal*, 17 jan. 2021.

RODRIGUES, J. A.; KROIS, J.; SCHWENDICKE, F. Demystifying artificial intelligence and deep learning in dentistry. *Brazilian Oral Research*, v. 35, 2021.

SCHWENDICKE, F.; SAMEK, W.; KROIS, J. Artificial Intelligence in Dentistry: Chances and Challenges. *Journal of Dental Research*, v. 99, n. 7, p. 769–774, 21 abr. 2020.

SHAN, T.; TAY, F. R.; GU, L. Application of Artificial Intelligence in Dentistry. *Journal of Dental Research*, v. 100, n. 3, p. 232–244, 1 mar. 2021.

THURZO, A.; KURILOVÁ, V.; VARGA, I. Artificial Intelligence in Orthodontic Smart Application for Treatment Coaching and Its Impact on Clinical Performance of Patients Monitored with AI-TeleHealth System. *Healthcare*, v. 9, n. 12, p. 1695, 7 dez. 2021.



- IMPELLIZZERI, A. et al. Dental Monitoring Application: it is a valid innovation in the Orthodontics Practice? *La Clinica Terapeutica*, v. 171, n. 3, p. e260–e267, 1 maio 2020.
- DHOPTÉ, A. et al. Smart Smile: Revolutionizing Dentistry With Artificial Intelligence. *Cureus*, v. 15, n. 6, 30 jun. 2023.
- LI, P. et al. Orthodontic Treatment Planning based on Artificial Neural Networks. *Scientific Reports*, v. 9, n. 1, 14 fev. 2019.
- REVILLA-LEÓN, M. et al. Artificial intelligence applications in implant dentistry: A systematic review. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, jun. 2021.
- DATA SCIENCE ACADEMY. *Deep Learning Book*, 2022. Disponível em: <<https://www.deeplearningbook.com.br/>>. Acesso em: 10 Junho. 2024.
- GIOSTER-RAMOS, M. L. et al. Técnicas de identificação humana em Odontologia Legal. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 3, p. e20310313200–e20310313200, 12 mar. 2021.
- NASCIMENTO Neto, C.D. et al. Inteligência artificial como ferramenta para identificação humana em odontologia legal. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(4), 82-96.v, 19 de set. 2019.
- BIANCHI B.V. A Importância da Atuação do Odontologista na Identificação Pessoal de Corpos Carbonizados e a Determinação do Gênero. *Rev. UNINGÁ, Maringá*, v. 56, n. S3, p. 119-129, jan./mar. 2019.
- MOLLO FILHO, P. C.; MELANI, R. F. H. UTILIZAÇÃO DE ESCÂNERES INTRAORAIS NA ODONTOLOGIA LEGAL: UMA REVISÃO DE LITERATURA. *Revista Brasileira de Odontologia Legal*, p. 89–97, 2022.
- BOREAK, N. Effectiveness of Artificial Intelligence Applications Designed for Endodontic Diagnosis, Decision-making, and Prediction of Prognosis: A Systematic Review. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, v. 21, n. 8, p. 926–934, 2020.
- SAEED ASGARY. Artificial Intelligence in Endodontics: A Scoping Review. *PubMed*, v. 19, n. 2, p. 85–98, 1 jan. 2024.
- KAROBARI, M. I. et al. Evaluation of the Diagnostic and Prognostic Accuracy of Artificial Intelligence in Endodontic Dentistry: A Comprehensive Review of Literature. *Computational and mathematical methods in medicine*, v. 2023, p. 7049360, 1 jan. 2023.
- PAULINO, G. L. et al. Como a inteligência artificial pode ser utilizada na endodontia? *REVISTA DO CROMG*, v. 22, n. Supl.4, 2023.
- SAVEGNAGO, G. D. O. *et al.* Inteligência artificial na odontologia: uma revisão narrativa de literatura. *Respositório da Faculdade de Odontologia de Passo Fundo Federal, Passo Fundo*, v. 29, n. 1, p. 1, jul. 2022.
- DESHMUKH, S. Artificial intelligence in dentistry. *Journal of the International Clinical Dental Research Organization*, v. 10, n. 2, p. 47, 2018.
- ROGANOVIĆ, J.; RADENKOVIĆ, M.; MILIČIĆ, B. Responsible Use of Artificial Intelligence in Dentistry: Survey on Dentists' and Final-Year Undergraduates' Perspectives. *Healthcare*, v. 11, n. 10, p. 1480, 19 maio 2023.



ROGANOVIĆ, J.; RADENKOVIĆ, M.; Ethical use of IA in Dentistry. IntechOpen eBooks, 19 maio 2023.

ROKSHAD, R. et al. Ethical considerations on artificial intelligence in dentistry: A framework and checklist. Journal of Dentistry, v. 135, p. 104593, 1 ago. 2023.