

Principais indicações para o uso da tomografia computadorizada Cone Beam na Endodontia

Main indications for the use of Cone Beam computadorized tomography in Endodontics

Principales indicaciones para el uso de la tomografía computarizada de Cone Beam en Endodoncia

Recebido: 27/05/2025 | Revisado: 02/06/2025 | Aceitado: 02/06/2025 | Publicado: 05/06/2025

Julia de Moraes Teodoro

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3300-4131>

Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Brasil

E-mail: juliateodoro@gmail.com

Thais Cristina Xavier de Assis¹

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6496-5627>

Associação Brasileira de Odontologia – GO, Brasil

E-mail: thaisdeassis@gmail.com

Robson da Silva Loesch¹

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2765-3207>

Associação Brasileira de Odontologia – GO, Brasil

E-mail: robsonloesch@gmail.com

Olegário Antônio Teixeira Neto

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0157-7106>

Universidade Paulista, Goiás, Brasil

E-mail: olegariotneto@gmail.com

Leonardo Araújo de Andrade

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4363-5044>

Universidade Paulista, Goiás, Brasil

E-mail: leonardo.andrade@docenteunip.br

Claudio Maranhão Pereira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5511-0387>

Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Brasil

E-mail: claudiopereira@pucgoias.edu.br

Resumo

Introdução: Um dos princípios básicos da endodontia é a desinfecção de condutos radiculares para isso é fundamental sua instrumentação e boa visualização do preparo. A radiografia é imprescindível no processo, contudo apresenta desvantagens devido sua visualização ser bidimensional de um objeto tridimensional. **Objetivo:** O objetivo dessa revisão de literatura é examinar as principais aplicações da tomografia computadorizada cone beam na Endodontia, demonstrar uma visão geral de forma que o cirurgião dentista possa avaliar a necessidade no diagnóstico e planejamento endodôntico. **Materiais e Métodos:** A pesquisa foi realizada através de busca eletrônica nas bases de dados Scielo, Revista ABRO, Pubmed e Google acadêmico. Para os critérios de seleção foram considerados 62 artigos, sendo que: entre os anos de 1988 e 2024, artigos completos e livros que proporcionam em seu contexto temas que fazem menção à Tomografia Computadorizada em Endodontia. **Conclusão:** O desenvolvimento da Tomografia computadorizada cone beam tem cada vez ocupado mais espaço dentro da odontologia e da endodontia, principalmente nos casos em que as radiografias convencionais eventualmente não fornecem uma boa qualidade de imagem, ou são insuficientes e consequentemente não passam segurança para o cirurgião dentista intervir.

Palavras-chave: Tomografia; Endodontia; Cone-beam.

Abstract

Introduction: One of the basic principles of endodontics is the disinfection of root canals, for which proper instrumentation and clear visualization of the preparation are essential. Radiography is indispensable in this process; however, it has limitations due to its two-dimensional visualization of a three-dimensional object. **Objective:** The aim of this literature review is to examine the main applications of cone beam computed tomography (CBCT) in Endodontics and to provide an overview that enables the dental surgeon to assess its necessity in diagnosis and endodontic treatment planning. **Materials and Methods:** The research was conducted through electronic searches in the Scielo, Revista ABRO, PubMed, and Google Scholar databases. A total of 62 sources were selected based on the following criteria: publications between 1988 and 2024, full-text articles, and books that, in their content, address topics related to the use of computed tomography in Endodontics. **Conclusion:** The development of cone beam computed tomography has gained increasing importance in dentistry and endodontics, especially in cases where

¹ Especialista em Radiologia, Associação Brasileira de Odontologia -ABO-GO, Brasil.

conventional radiographs do not provide adequate image quality or are insufficient, thereby compromising the clinician's confidence in decision-making and intervention.

Keywords: Tomography; Endodontics; Cone-beam.

Resumen

Introducción: Uno de los principios básicos de la endodoncia es la desinfección de los conductos radiculares, para lo cual es fundamental la instrumentación y una buena visualización de la preparación. La radiografía es esencial en el proceso, sin embargo presenta desventajas debido a su visualización bidimensional de un objeto tridimensional. **Objetivo:** El objetivo de esta revisión de la literatura es examinar las principales aplicaciones de la tomografía computarizada de haz cónico en Endodoncia, demostrando una visión general para que el odontólogo pueda evaluar la necesidad de diagnóstico y planificación endodóntica. **Materiales y Métodos:** La investigación se realizó mediante búsqueda electrónica en las bases de datos Scielo, Revista ABRO, Pubmed y Google Scholar. Para los criterios de selección se consideraron 62 artículos, siendo: entre los años 1988 y 2024, artículos completos y libros que aporten en su contexto temas que mencionen la Tomografía Computarizada en Endodoncia. **Conclusión:** El desarrollo de la tomografía computarizada de haz cónico ha ocupado cada vez más espacio dentro de la odontología y la endodoncia, especialmente en los casos donde las radiografías convencionales eventualmente no brindan una buena calidad de imagen, o son insuficientes y en consecuencia no brindan seguridad al cirujano dentista para intervenir.

Palabras clave: Tomografía; Endodoncia; Cone-beam.

1. Introdução

Dentro dos princípios básicos que norteiam a terapia endodôntica encontram-se como requisitos fundamentais a limpeza e desinfecção do sistema de canais radiculares para se obter a sanificação desejada e propiciar condições para que os tecidos envolvidos retornem ao seu estado normal. Entretanto, algumas vezes, embora tendo seguido os rigorosos princípios do tratamento endodôntico nos deparamos com sinais e sintomas que não condizem com o esperado sucesso (Dotto *et al.* 2006). Os critérios para se julgar o sucesso de um tratamento endodôntico são: a aparência radiográfica dos tecidos periapicais e o conforto clínico do dente (Heling, 1979).

A importância do exame radiográfico como método auxiliar de diagnóstico foi estabelecida desde sua descoberta. Os perigos do emprego das radiações ionizantes para fins diagnósticos surgiram algum tempo depois e essa preocupação se acentuou após o acontecimento dos vários acidentes nucleares. Por isso, medidas como o aperfeiçoamento dos aparelhos, o uso de filmes mais rápidos e a escolha da técnica mais apropriada estão cada vez mais em evidência (Muhammed *et al.*, 1982).

Em 1984, trabalhava-se com a aquisição da tomografia espiral, onde se baseava em um feixe de radiação, em forma de leque delgado e um arranjo circular de detectores, e então Kress e Feldkamp apresentaram um novo algoritmo (sequência de procedimentos computacionais) que por meio de dados coletados com um feixe de radiação possibilitava a aquisição de imagem tomográfica, em forma de cone e com o auxílio de um detector plano. Esse grande passo no desenvolvimento tecnológico deu origem a um tomógrafo com cortes nos planos anatômicos axial, coronal, sagital, aquisição volumétrica e reconstrução da imagem em terceira dimensão. Esta visualização de estruturas anatômicas em diferentes ângulos e nuances, facilita a elaboração de hipóteses diagnósticas (Cavalcanti, 2010).

Em Endodontia, as aplicações da tomografia computadorizada feixe cônico (cone beam) incluem diagnóstico precoce de lesões periapicais, identificação e localização de reabsorções interna e externa, observação de anatomia radicular, detecção de fraturas radiculares verticais, fraturas e planejamento cirúrgico (Howerton & Mora, 2008; Patel *et al.*, 2010; Tyndall & Kohltfarber, 2012).

O objetivo dessa revisão de literatura é examinar as principais aplicações da tomografia computadorizada cone beam na endodontia, fornecer uma visão geral de forma que o cirurgião dentista possa avaliar a necessidade no diagnóstico e planejamento endodôntico.

2. Materiais e Métodos

O estudo tratou-se de uma pesquisa de natureza qualitativa (Gil, 2017; Pereira et al., 2018) e, do tipo específico de revisão narrativa (Casarim et al., 2020; Rother, 2007) que é um tipo mais simples de revisão com menos requisitos. A referente pesquisa é baseada em uma revisão de literatura sobre as principais indicações do uso da Tomografia Computadorizada Cone Beam na endodontia, com o objetivo de atualizar e/ou divulgar o assunto.

A pesquisa foi realizada por meio de busca eletrônica nas bases de dados Scielo, Revista ABRO, Pubmed e Google acadêmico, a partir das palavras chaves: Tomografia Odontológica, Endodontia, cone beam.

Para os critérios de seleção dos artigos foram considerados: artigos completos, livros que proporcionam em seu contexto temas que fazem menção à Tomografia Computadorizada em Endodontia.

Para os critérios de exclusão dos artigos foram considerados:

- a) Artigos não indexados;
- b) Estudo piloto, ou seja, estudos onde a metodologia esteja submetida a teste;
- c) Artigos incompletos;
- d) E artigos que não obedeciam à condição em relação ao contexto estudado.

3. Revisão de literatura

Radiografia Bidimensional

O exame por imagens é parte essencial no diagnóstico e plano de tratamento em endodontia, sendo as radiografias periapicais as mais utilizadas. Apesar de seu amplo uso, as radiografias convencionais produzem imagens com informações limitadas, pois projetam em um só plano todas as estruturas atravessadas pelos raios X, além de apresentarem deficiência em contrastes, o que pode influenciar na interpretação radiográfica (Cotton *et al.*, 2007; Estrela *et al.*, 2008)

Para as diferentes angulações, orto, méso e distorradial individualizadas, a interpretação é semelhante, entretanto o somatório das informações registradas, conforme preconizado no Princípio de Clark, que se baseia na interpretação de radiografias orto, méso e ou distorradial, otimiza a observação (Almeida *et al.*, 2012).

A radiografia periapical apresenta algumas limitações na detecção de curvaturas, desvios ou perfurações radiculares, bem como na identificação de todos os canais presentes. Sendo assim, torna-se necessária a dissociação radiográfica de raízes e condutos para uma boa visualização (Moraes *et al.*, 1998). A incidência ortorradial é feita da forma convencional, ou seja, o feixe de raios X deverá incidir paralelamente as faces proximais dos dentes da região. Essa radiografia mostra o dente em seu comprimento aproximado, lesões periapicais, laterais e defeitos periodontais. Alterando a angulação horizontal, teremos a incidência dissociada (mesio ou distorradial), na qual pode-se verificar o número de raízes e de canais presentes, bem como possíveis curvaturas. Devido a sobreposição das imagens, essas informações não podem ser obtidas da radiografia ortorradial (Weine, 1998). A dissociação de imagens também auxilia no diagnóstico de fraturas radiculares verticais (Moraes et al., 1998).

O princípio utilizado para identificação de raízes e condutos é que a imagem do objeto se desloca no sentido contrário ao do feixe de raios X, sendo que as estruturas vestibulares, que estão mais afastadas do filme, apresentam um deslocamento proporcionalmente maior. Desta maneira, a técnica de Clark segue o princípio da paralaxe: quando temos dois objetos alinhados, o objeto mais próximo do observador irá encobrir o mais distante, ou seja, haverá sobreposição de suas imagens; quando o observador se desloca o objeto mais próximo a ele se desloca no sentido contrário e o que está mais distante parece deslocar-se na mesma direção. Quando a modificação é feita para mesial, a raiz palatina, que está mais distante do tubo de raios X, deve acompanhar o movimento, situando-se mais para mesial, enquanto com a raiz vestibular ocorre o contrário (Rosa, 1988).

He et al. (2007) afirmam que radiografias pré-operatórias em diferentes angulações aumentam a taxa de detecção de múltiplos canais radiculares. É fundamental o conhecimento de anatomia e, havendo dúvidas, lançar mão de exames complementares como as radiografias mesio e disto radiais e tomografias computadorizada cone-beam (Cotton et al., 2007).

Radiografia Tridimensional

Tomografia é uma palavra composta pela junção de dois termos gregos, tomos e grafos que constituem camadas e escrita. É um método que mostra de forma clara elementos encontrados em um determinado plano, tendo como função mostrar a região desejada com pouca ou nenhuma sobreposição (Chiarrei, 2006).

Existem duas formas de aquisição de imagem tomográfica, a usada na medicina, conhecida como tomografia computadorizada fan beam (TCFB) e a tomografia odontológica, conhecida como tomografia computadorizada cone beam (TCCB). A TCFB usa um feixe de raios em formato de leque e a TCCB, usa um feixe de raios em forma de cone, onde mostra todas as estruturas ósseas em um único volume, gerando imagens concisas e uma diminuição significativa de artefatos metálicos (Garib, 2007).

Para superar limitações radiográficas e proporcionar imagens com maior resolução surgiram as tomografias computadorizadas, que são técnicas de aquisição de imagens em três dimensões (3D). Dentre elas, está a tomografia computadorizada cone beam (TCCB) que requer uma dose de radiação significativamente menor do que a tomografia computadorizada médica e está sendo muito utilizada na área odontológica, como na Implantodontia, Ortodontia, Periodontia, Cirurgia e Traumatologia Buco-Maxilo-Facial, exames da ATM e Endodontia. Na prática endodôntica, a TCCB mostra-se muito útil no diagnóstico diferencial entre patologias de origem endodôntica e não-endodôntica, avaliações de fraturas alveolares e radiculares, avaliação da morfologia do canal radicular e sua localização, análises de reabsorções interna e externa, planejamento endodôntico pré-cirúrgico, visualização da anatomia radicular, avaliação do preparo radicular, obturação, retratamento, detecção de lesões ósseas e pesquisas endodônticas (Estrela et al., 2008)

A TCCB foi inserida no campo da endodontia em 1990. A técnica usa uma fonte de radiação em forma de cone para adquirir imagens dados em um arco de rotação completo ou parcial, exibindo o contorno tridimensional de um objeto, permitindo assim ao clínico conseguir uma representação mais realista das estruturas a serem estudadas. A capacidade da TCCB de reduzir ou eliminar a sobreposição das estruturas vizinhas a torna superior às radiografias periapicais (Dalili et al., 2018). Após processada pelo computador, a imagem pode ser reformatada em fatias nos três planos do espaço e reconstruída tridimensionalmente com alta precisão. Em qualquer tipo de reformatação da imagem, não existe sobreposição de imagens (Patel et al., 2009)

Patel et al. (2009) examinaram como a TCCB pode ser aplicada no manejo de problemas endodônticos. Mostraram que uma das maiores vantagens da técnica cone beam está na redução da dose de radiação ao paciente. A dose efetiva da TCCB varia, mas pode ser quase tão baixa quanto a de uma radiografia panorâmica convencional e consideravelmente inferior que a TCFB. No entanto, até o momento, as imagens produzidas com esta nova tecnologia não têm a mesma resolução que as radiografias periapicais quando o paciente possui metais na cavidade oral como, por exemplo, restaurações metálicas. Os autores concluíram que, quando indicada, imagens em 3D da TCCB devem complementar as técnicas radiográficas convencionais em 2D e que os benefícios de cada sistema, tanto os da radiografia como os da tomografia, devem ser aproveitados.

Principais Indicações para o uso da Tomografia na Endodontia

Anatomia Dental

Na endodontia, o mínimo do conhecimento que o cirurgião dentista deve dominar para um bom planejamento, é sobre a anatomia dentária. Apesar de a anatomia de cada elemento dentário apresentar características comuns, alterações com

variados graus de complexidade também podem ser encontradas (Cleghom *et al.* 2006; Pablo *et al.*, 2010). O domínio desse conhecimento pode evitar erros durante a identificação, instrumentação e obturação dos canais radiculares (Mattuella *et al.*, 2005).

A grande porcentagem de variação anatômica radicular, se dá em quantidade a mais de condutos ou raízes, e curvatura ou dilatação radicular. O profissional que realiza o tratamento dos condutos deve saber lidar com todas as alterações possíveis. Há diferenças estatisticamente significantes entre os incisivos, caninos e pré-molares quanto ao raio de curvatura radicular, sendo que os caninos apresentaram um raio de curvatura médio de 2.822 a 0.238 mm (Saletta *et al.*, 2005). Essas curvaturas nessas direções, dificilmente são detectadas por radiografia convencional e podem levar a perfurações radiculares caso instrumentos de níquel-titânio não sejam usados (Shemesh *et al.*, 2011).

A não observação de um segundo canal levará a permanência de um tecido que, se vivo, entrará em processo de necrose que culminará em invasão por microrganismos, levando a uma periodontite apical e consequente fracasso do tratamento endodôntico (Siqueira; Rôças, 2008).

No diagnóstico e planejamento da terapia endodôntica com identificação de prováveis variações anatômicas, a radiografia periapical tem sido o método mais tradicionalmente utilizado (Estrela *et al.*, 2008). No entanto, são observados outros recursos, sendo a tomografia computadorizada o método mais citado (Gu *et al.*, 2009; HE *et al.*, 2010; Zhao *et al.*, 2011; Tomar *et al.*, 2012). A grande vantagem oferecida por esta ferramenta imaginológica é a aquisição de imagens tridimensionais que oferecem informações completas sobre o número e a configuração dos canais radiculares, o que pode garantir um tratamento endodôntico mais eficiente (Cevidanes; Styner; Proffit, 2006; Gao *et al.*, 2006).

Lofthag *et al.* (2007) compararam as radiografias periapicais com as imagens em 3D da tomografia computadorizada cone beam (CBCT), em quarenta e seis dentes (pré-molares, primeiro e segundo molares) de um total de trinta e seis pacientes submetidos a duas radiografias periapicais em angulações diferentes e à tomografia. Os resultados mostraram que, na tomografia computadorizada dois pré-molares apresentavam duas raízes sendo que somente uma foi observada nas imagens das periapicais, e também, três molares superiores aparentando ter duas raízes enquanto nas imagens tomográficas foram encontradas três. Com respeito aos canais radiculares, 124 foram encontrados nas radiografias periapicais, enquanto doze a mais (10%) foram vistas na tomografia computadorizada. Concluíram que estas informações auxiliaram na elaboração de um plano de tratamento correto, na condução de cirurgias parendodônticas e na avaliação de patologias periapicais.

Lesões Patológicas

Estrela *et al.* (2008a) e Jorge *et al.* (2008) demonstraram que a TCCB é um método capaz de detectar o desenvolvimento de lesões periapicais em estágios iniciais, mesmo quando tais lesões ainda não são visíveis com técnicas radiográficas convencionais.

Low *et al.* (2008) destacaram as vantagens da TCCB sobre a radiografia periapical no planejamento e diagnóstico pré-operatório em 156 raízes de dentes superiores posteriores, encaminhadas para cirurgia parendodôntica. Mostraram que em um total de 109 raízes com lesões detectadas com a TCCB, apenas 72 indicavam lesões pelo uso de radiografias periapicais. Além disso, a TCCB possibilitou uma avaliação da verdadeira extensão da lesão e sua relação espacial com importantes pontos anatômicos.

Nakata *et Al.* em 2006 apresentaram um caso clínico mostrando a eficácia da tomografia computadorizada para examinar e diagnosticar a presença e a extensão de lesões periapicais de cada raiz de um primeiro molar superior direito. Verificaram que as radiografias intra-orais convencionais e a panorâmica não foram capazes de mostrar nenhuma alteração aparente na região em que havia sensação dolorosa. As imagens tomográficas mostraram a presença de uma lesão periapical somente na raiz distovestibular. A lesão apresentava aproximadamente 4,0 mm de diâmetro, envolvendo a região de furca e

com proximidade ao seio maxilar. Os autores concluíram que as imagens em 3D foram fundamentais na visualização da alteração periapical e determinantes no correto diagnóstico.

Weissman *et al.* em 2015 apresentaram um trabalho onde realizaram tomografias e relacionaram lesão periapical e sintomatologia clínica. Um total de 498 casos foram avaliados dos quais 67 com dor foram selecionados, os pacientes foram examinados clinicamente, passaram por testes térmicos e radiografias periapicais e por fim tomografia computadorizada do dente em questão. 38 pacientes apresentaram presença de lesão apical na radiografia e na tomografia, 14 não mostraram imagem em nenhuma das duas, porém, 15 casos mostraram lesão na tomografia que não eram visíveis na radiografia. Com isso os autores destacam a importância da maior acuidade da tomografia principalmente nos casos em que a radiografia dá imagens duvidosas ou mesmo não retrata um problema existente.

Reabsorções Dentárias

As reabsorções inflamatórias externas e internas são as mais comuns. As externas podem causar destruição do cimento e da dentina no terço cervical, médio e apical. Já as internas causam a destruição das paredes do canal radicular. Não sendo tratadas, pode ocorrer a perda do elemento dental (Estrela, 2009; Patel, *et al.* 2009).

Estrela *et al.* (2009) detectaram reabsorção radicular inflamatória (RRI) em 68,8% das superfícies radiculares analisadas com radiografias convencionais, e em 100% das amostras nos scans de tomografia. A extensão de reabsorção radicular inflamatória foi maior do que 1-4mm em 95,8% das imagens de TCCB e em 52,1% das imagens convencionais. Assim, o uso de tomografia mostrou ser melhor na detecção de reabsorção radicular inflamatória e na determinação de sua extensão.

O diagnóstico clínico e radiográfico de reabsorção cervical e de sua extensão são difíceis de avaliar com métodos radiográficos convencionais e a possibilidade de falso-negativos, devido à sobreposição de estruturas, é uma das limitações destes métodos (He, *et al.*, 2007; Lim, *et al.*, 2014). A TCCB tem se mostrado um método capaz de avaliar a reabsorção cervical, bem como sua extensão, devido à capacidade de obtenção de imagens tridimensionais (Cotton, *et al.*, 2007. Estrela, *et al.*, 2009. Estevez, *et al.*, 2010).

Maini *et al.* em 2008, avaliaram as vantagens da tomografia computadorizada para diagnosticar um caso de reabsorção externa e interna. Um paciente apresentava o dente 23 impactado e localizado palatalmente às raízes dos dentes 22 e 21. Pelo exame radiográfico, notaram que a câmara pulpar e o canal radicular do dente 21 apresentavam-se com volume amplo, mas sem anormalidade no contorno das raízes de ambos os dentes ou na parte óssea, e que não sugeria processo de reabsorção externa. Já com a TCCB, observaram uma grande proximidade do canino impactado à raiz do dente 21, causando um defeito externo na face palatina em comunicação com o canal radicular, que sugeria a presença de reabsorção interna. Perceberam que, provavelmente, a reabsorção externa foi a causa inicial da sensibilidade do 21 e que sem essas imagens adicionais não haveria a possibilidade em detectá-la, visto que estava mascarada pela sobreposição do canino impactado.

Em 2009 Nakata *et al.* compararam as imagens obtidas pela tomografia computadorizada odontológica com as radiografias periapicais de uma reabsorção externa de um pré-molar inferior. As radiografias periapicais mostraram a presença de uma lesão perirradicular com pequena reabsorção óssea no periápice envolvendo as faces mesial e distal da raiz. As imagens em 3D revelaram a presença e a condição da reabsorção radicular externa. Quatro áreas de reabsorção foram observadas nas faces vestibular, mesial e distal. O dente foi extraído e examinado visualmente. Observaram que as imagens obtidas pela TC odontológica mostraram com exatidão a condição da reabsorção. Concluíram que essa tecnologia foi decisiva na escolha do plano de tratamento, pois forneceram informações não alcançadas pelas radiografias convencionais.

Trauma Dental

Algumas sequelas possíveis do trauma dento alveolar são a obliteração do canal pulpar e a reabsorção radicular inflamatória. Devido a isso, a busca pelo tratamento após o trauma e o acompanhamento do cirurgião-dentista são necessários para que o diagnóstico e o tratamento adequado sejam realizados com o intuito de prevenir demais danos (Andreasen *et al.*, 2015).

Orhan *et al.* (2010) utilizaram a tomografia computadorizada para detectar possível reabsorção cervical interna ou fratura horizontal em um incisivo central superior direito, que havia sofrido trauma dentário há 28 anos. Apesar da aparência na radiografia convencional, nenhuma evidência de reabsorção cervical interna foi detectada. Assim, a Tomografia permitiu observar claramente os fragmentos deslocados da fratura radicular, tanto no incisivo direito como no esquerdo, espontaneamente curado, sem reabsorção cervical e patologia periapical.

Hassan *et al.* (2009) compararam, *ex vivo*, a exatidão da tomografia computadorizada cone beam e de radiografias periapicais convencionais na detecção de fraturas radiculares. Concluíram que a Tomografia computadorizada foi mais precisa que as radiografias periapicais convencionais para detectar fraturas radiculares, especialmente as que ocorreram no sentido méso-distal.

O uso da tomografia tem auxiliado no tratamento de traumas e na visualização das fraturas radiculares. Estudos mostram que TCCB tem sido favorável para detectar fraturas radiculares horizontais, os mesmos mostram que para observar lesões traumáticas usando radiografias periapicais, iria se fazer necessário várias tomadas em diversas angulações e ainda podendo ter resultados limitados (Terakado, 2000).

Cirurgia Parendodontica

O exame radiográfico é essencial para o diagnóstico e o planejamento da cirurgia parendodôntica. Vários métodos radiográficos estão disponíveis para avaliação de detalhes anatômicos e patológicos. Porém a quantidade de informações obtidas de radiografias periapicais capturadas digitalmente ou com filmes convencionais mostra-se limitada, já que a anatomia tridimensional da área radiografada se apresenta em imagem bidimensional. Além disso, também podem existir distorções geométricas das estruturas anatômicas (Gröndahl *et al.*, 2004)

Kourkouta (2014), Kurt (2014) e Lim (2014), dentre os exames de imagem, indicam a tomografia computadorizada de feixe cônico, pois a mesma apresenta ótima precisão, ótima resolução, determinação do posicionamento exato das raízes, uma análise tridimensional na qual permite a avaliação completa de estruturas como o seio maxilar para tornar possível o uso da técnica em molares superiores. E contraindicam as radiografias periapicais, pois tem como principais desvantagens a imprecisão da quantidade ou presença da estrutura dentária danificada, por apresentar uma imagem bidimensional de um objeto tridimensional. Para diagnosticar e planejar o caso em questão, foram realizadas duas tomografias computadorizadas de feixe cônico, a fim de se fazer um estudo comparativo no pré-operatório e após um ano da cirurgia ter sido realizada.

Na maxila, Huumonen *et al.* (2006) examinaram 39 molares superiores com tratamento endodôntico e concluíram que a TC proporcionou informações importantes para a decisão de retratamento, especialmente nos casos de cirurgia parendodôntica, quais sejam: número de canais obturados e de canais não tratados, erosão ou perfuração da cortical óssea e distância entre a raiz palatina e as corticais vestibular e palatina. Além disso, a relação das raízes com o seio maxilar é mais bem vista nas imagens da TC do que nas radiografias.

Low *et al.* (2008) confrontaram a eficácia da radiografia periapical e da TCCB em detectar lesões periapicais nos pré-molares e molares superiores encaminhados para cirurgia parendodôntica. O estudo mostrou que, das 109 lesões identificadas com TCCB, 34% não foram diagnosticadas com radiografia. A detecção de lesões apenas com radiografia foi mais difícil nos segundos molares ou em raízes próximas ao assoalho do seio maxilar. Achados adicionais foram visualizados mais

frequentemente com a TCCB se comparada à radiografia, incluindo expansão das lesões dentro do seio maxilar, espessura da membrana do seio e canais não detectados no tratamento endodôntico.

Kamburoglu *et al.* (2009) avaliaram a acurácia e a reprodutibilidade de medições, por TCCB, de distâncias específicas ao redor do canal mandibular, comparando com medições realizadas por paquímetro digital. Por meio do sistema de TCCB Ilumina examinaram-se seis hemimandíbulas fixadas em formalina. Imagens foram obtidas a 120 KVp, 3,8 mA e voxel de 0,2 mm, em um tempo de exposição de 40 s. Cortaram-se os espécimes em sete localidades com uma broca Lindemann. Um paquímetro digital serviu para medir as seguintes distâncias anteriores e posteriores de cada corte: espessura mandibular, comprimento mandibular e distância superior, inferior, vestibular e lingual. Com um programa de medição as mesmas distâncias foram medidas nos cortes correspondentes das imagens da TCCB. Dois examinadores treinados realizaram todas as medições, que foram repetidas após uma semana. As medições intraobservadores e interobservadores, para todas as distâncias, evidenciaram alta concordância. Os autores concluíram que a acurácia das medições da TCCB de várias distâncias do canal mandibular foi comparável às medições do paquímetro digital.

4. Discussão

Embora o diagnóstico por imagens seja uma parte indispensável na prática odontológica, tais exames envolvem a exposição de pacientes à radiação ionizante. A filosofia de segurança da radiação utiliza o princípio ALARA (As Low As Reasonably Achievable), acrônimo para a expressão “tão baixo quanto razoavelmente possível”, como base para orientar todas as etapas do uso de radiação, os projetos de instalações dos equipamentos de irradiação e os procedimentos de proteção (White e Mallva, 2012). Atualmente, o protocolo ALADAIP (As Low As Diagnostically Acceptable, being Indication-oriented and Patient-specific) tem sido preferido em odontologia, conforme diretrizes recentes da European Commission (2023).

Na endodontia, TCCB mostrou uma excelente qualidade, além da possibilidade de obtenção e manipulação de imagens 3D com melhor visualização das estruturas anatômicas, com concepção de imagens com apropriada geometria e contraste, possibilitando o resultado com mais detalhes (Patel, 2007). Encontramos como vantagens da TCCB os dispositivos megapixel de estado sólido para detecção de raios, tendo uma resolução mínima voxel entre 0,07 milímetros e 0,25 milímetros isotropicamente; elevada velocidade de digitalização (Cavalcanti, 2010).

De acordo com Cotton *et al.* (2007), assim que a tecnologia começa a ser mais prevalente, surgem aplicações endodônticas específicas para o uso da TCCB, dentre elas, o diagnóstico de patologias endodônticas, a identificação da morfologia do canal, o acesso às patologias de origem não-endodôntica, avaliação de fraturas e traumas radiculares, análise de reabsorções radiculares e planejamento pré-cirúrgico.

De acordo com Nair & Nair (2007) a qualidade da imagem é provavelmente o mais significativo na endodontia, na medida em que facilita a interpretação precisa da morfologia da raiz e do canal, a determinação do comprimento deste, e uma avaliação pós-operatória, e a longo prazo, do tratamento endodôntico. Os autores colocam que a TCCB é utilizada para avaliar canais preparados com limas de níquel-titânio e com limas manuais de aço inoxidável, e mostram que o sistema utilizado provê um método reproduzível e não invasivo de avaliar certos aspectos da instrumentação endodôntica, assim como a transportação de canal, a remoção de dentina e a preparação final do canal. TCCB também provê informações adicionais tridimensionais não disponíveis em uma radiografia convencional, para a detecção de lesões endodônticas e sua importante relação com as estruturas anatômicas vizinhas.

A TCCB tem sido útil na avaliação de fraturas radiculares, especialmente as horizontais. A possibilidade da visualização no sentido vestibulo-palatino, favorece na determinação do plano de tratamento. Além de ajudar na determinação do tipo e gravidades das injúrias presentes, mostrou ter maior sensibilidade em identificá-las em comparação com a radiografia periapical (Estrela *et al.* 2015, Khojastepour *et al.* 2015).

Pelo fato de as radiografias periapicais projetarem em duas dimensões estruturas que apresentam três dimensões, a dificuldade na visualização do número de canais radiculares, principalmente em dentes multirradiculares, se torna presente. A localização de todos os canais, bem como o entendimento de sua anatomia interna, tem sido um dos grandes desafios na terapia endodôntica. Pela TCCB foi possível a localização de um maior número de canais radiculares comparando-se às radiografias, inclusive em dentes já submetidos à endodontia (Von Stechow *et al.* 2003, Lofthag-Hansen *et al.* 2007, Pekiner *et al.* 2017).

Reddy *et al.* (2008) relataram o tratamento endodôntico de um dente invaginatus, onde as variações anatômicas dos canais radiculares são um grande desafio para o sucesso endodôntico. Apesar das radiografias convencionais desempenharem um papel importante na avaliação do canal primário, a complexa morfologia do canal nestes casos, e o acesso ao canal invaginado, são facilitados pela TCCB, que fornece visão tridimensional, nítida e focada, possibilitando que os scans identifiquem o invaginatus em seu tipo e extensão.

Foi constatado por Maini (2008) que as vantagens da TCCB eram grandes, quando necessitavam de um correto diagnóstico para reabsorções. O paciente possuía o elemento 23 retido e localizado palatalmente às raízes dos 22 e 21. Radiograficamente, observaram o canal radicular e a câmara pulpar do elemento 21 encontrava-se aumentada, no entanto, não apresentava anormalidade na parte óssea nem no contorno das raízes, mostrando assim que não possuía reabsorção externa. Já, TCCB apareceu que o canino retido estava próximo ao elemento 21, causando um defeito externo na palatina, o que lembrava a presença de reabsorção interna. Assim, entenderam que possivelmente, aconteceu uma reabsorção externa inicial e que sem a existência de imagens adicionais não seria possível detectá-la, pois, estava disfarçada pela sobreposição do canino retido.

Estrela *et al.* (2009) detectaram reabsorção radicular inflamatória (RRI) em 68,8% das superfícies radiculares analisadas com radiografias convencionais, e em 100% das amostras nos scans de TCCB. A extensão de RRI foi maior do que 1-4mm em 95,8% das imagens de TCCB e em 52,1% das imagens convencionais. Assim, o uso de CBCT mostrou ser melhor na detecção de reabsorção radicular inflamatória e na determinação de sua extensão.

Lofthag-Hansen *et al.* (2007) sugeriram que a TCCB deve ser empregada em casos que radiograficamente não apresentam patologia enquanto clinicamente sugerem a sua presença. Low *et al.* (2008) concluíram que 34% das lesões periapicais detectadas pela TCCB não foram identificadas pelas radiografias convencionais. Estrela *et al.* (2008 e 2015) concluíram que a TCCB foi capaz de identificar em maior quantidade estas lesões. Além disso, Nakata *et al.* (2006) mostraram que a probabilidade de detecção de lesões periapicais com radiografias foi reduzida quando estavam em íntimo contato, ou em grande proximidade com o seio maxilar. Simon *et al.* (2006) comprovaram que seria possível diferenciar granulomas de cistos pelas imagens tomográficas.

Na avaliação da presença de defeitos ósseos criados artificialmente, Stavropoulos e Wenzel (2007) mostraram que a TCCB tem maior sensibilidade, maior valor preditivo positivo e precisão de diagnóstico do que a radiografia intraoral. Além disso, foi comprovado que a TCCB pode ajudar no diagnóstico diferencial entre cisto e granuloma (Simon *et al.*, 2006).

No planejamento endodôntico pré-cirúrgico a TCCB permite avaliar a morfologia dos maxilares, a localização exata da lesão, a posição das raízes dentro do osso e a proximidade de estruturas vitais, incluindo nervo alveolar inferior, forame mental, seio maxilar e cavidade nasal (Ludlow *et al.*, 2007, Nakagawa *et al.*, 2002, Pinsky *et al.*, 2006).

Pinsky *et al.* (2007) detalharam que o uso da CBCT, devido suas imagens tridimensionais, permite acesso e orientação cirúrgica precisos e confiáveis, sem riscos de danificar estruturas vitais durante uma apicectomia. O que também pode ser observado por Tsurumachi *et al.* (2007), que relataram a importância e os benefícios da TCCB no diagnóstico, planejamento e tratamento de uma perfuração de raiz e fratura do instrumento endodôntico para o seio maxilar, permitindo a correta indicação da cirurgia parodontal e hemi-seção do dente.

Apesar das vantagens da tomografia computadorizada, Patel *et al.* (2009) e Soares *et al.* (2007) e Bueno *et al.* (2018) concordaram que as limitações estão no alto custo dos equipamentos, possibilidade de alterações de imagem devido a objetos metálicos, como restaurações e risco associados ao uso de meios de contraste intravenoso. Patel *et al.* (2009) mostrou que as imagens proporcionadas pela TCCB podem ficar comprometidas pela presença de metais na cavidade oral, resultando em projeções inferiores às das radiografias. No entanto, Lascala *et al.* (2004) puderam comprovar a exatidão da reprodução das imagens em 3D e que estas se assemelham quase que perfeitamente com as medições reais. Além de eliminar as limitações encontradas nas radiografias, a TCCB proporciona visualizar a área desejada em vários planos ortogonais que auxilia no correto diagnóstico para o endodontista.

Estudos recentes demonstram o uso crescente de algoritmos de inteligência artificial (IA) na interpretação de imagens CBCT, com alta sensibilidade e especificidade na detecção de lesões periapicais e reabsorções dentárias (CHEN *et al.*, 2023; Huang *et al.*, 2024). Essas ferramentas auxiliam no diagnóstico precoce e reduzem a subjetividade na análise. Estudos recentes demonstram que a IA aplicada a imagens CBCT melhora a detecção de lesões com alta acurácia (Chen *et al.*, 2023; Huang *et al.*, 2024).

Além disso, novas revisões sistemáticas (González-Martín *et al.*, 2023; Singh *et al.*, 2024) reforçam a superioridade da CBCT sobre a radiografia periapical na avaliação de anatomia radicular complexa, fraturas e patologias ocultas. Outro avanço importante é a introdução de protocolos de baixa dose (ultra-low dose), com doses equivalentes às de radiografias panorâmicas, seguindo o princípio ALADAIP ("As Low As Diagnostically Acceptable, being Indication-oriented and Patient-specific"), substituindo gradualmente o tradicional ALARA (European Commission, 2023). Atualmente, o protocolo ALADAIP (As Low As Diagnostically Acceptable, being Indication-oriented and Patient-specific) tem sido preferido em odontologia, conforme diretrizes recentes da European Commission (2023).

5. Conclusão

A Tomografia Computadorizada Cone Beam continua sendo uma ferramenta fundamental na endodontia, com aplicações que evoluem continuamente. Dentro da endodontia, as principais indicações para a aplicação da Tomografia computadorizada são, a localização de raízes e condutos e suas variações anatômicas, lesões periapicais, traumas dentais, reabsorções sejam elas internas ou externas e cirurgias parendodônticas.

As evidências científicas mais recentes apontam para uma integração cada vez maior da CBCT com fluxos digitais, apoio por inteligência artificial e protocolos mais seguros de exposição à radiação. Estudos recentes demonstram que a IA aplicada a imagens CBCT melhora a detecção de lesões com alta acurácia. Dessa forma, a TCCB fortalece seu papel no diagnóstico, planejamento e monitoramento endodôntico, elevando o padrão de cuidado clínico, especialmente em casos complexos e de difícil interpretação.

Referências

- Almeida, A. P. R. *et al.* (2012). Localização radiográfica pelo método de Clark: princípios e indicações. *Sci Invest Dent*. 1 (1), 4.
- Andreasen, F. M. & Kahler, B. (2015). Pulpal response after acute dental injury in the permanent dentition: clinical implications – a review. *Journal of Endodontics*. 4 (3), 299–308.
- Bueno, M. R. *et al.* (2018). Development of a new Cone-beam computed tomography software for endodontic diagnosis. *Brazilian Dental Journal*. 29(6), 517–29.
- Cavalcanti, M. (2010). Tomografia computadorizada por feixe cônico. Editora Santos.
- Casarin, S. T. *et al.* (2020). Tipos de revisão de literatura: considerações das editoras do Journal of Nursing and Health. *Journal of Nursing and Health*. 10(5). <https://periodicos.ufpel.edu.br/index.php/enfermagem/article/view/19924>.

- Cevidanes, L. H., Styner, M. A. & Proffit, W. R. (2006). Image analysis and superimposition of 3-dimensional cone-beam computed tomography models. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 129(5), 611–8.
- Chen, Y. et al. (2023). Artificial intelligence in endodontics: deep learning detection of periapical lesions in CBCT images. *Journal of Endodontics*. 49(2), 123–30.
- Chiarreli, P. & Brow, W. J. (1999). Leaking urine in Australian women: prevalence and associated conditions. *Women Health*. 29(1): 1-13. doi: 10.1300/J013v29n01_01.
- Cleghorn, B. M., Christie, W. H. & Dong, C. C. (2006). Root and root canal morphology of the human permanent maxillary first molar: a literature review. *Journal of Endodontics*. 32(9), 813–21.
- Cotton, T. P. et al. (2007). Endodontic applications of cone beam volumetric tomography. *Journal of Endodontics*. 33(9), 1121–32.
- Dalili Kajan, Z. et al. (2018). Accuracy of Cone-beam Computed Tomography in Comparison with Standard Method in Evaluating Root Canal Morphology: An In Vitro Study. *Iranian Endodontic Journal*. 13(2), 181–7.
- Estévez, R. et al. (2010). Invasive cervical resorption class III in a maxillary central incisor: diagnosis and follow-up by means of cone-beam computed tomography. *Journal of Endodontics*. 36(12), 2012–4.
- Estrela, C. et al. (2008). A new periapical index based on cone beam computed tomography. *Journal of Endodontics*. 34(11), 1325–31.
- Estrela, C. et al. (2008). Accuracy of cone beam computed tomography and panoramic and periapical radiography for detection of apical periodontitis. *Journal of Endodontics*. 34(3), 273–9.
- Estrela, C. et al. (2015). Frequency of root canal isthmuses in human permanent teeth determined by cone-beam computed tomography. *Journal of Endodontics*. 41(9), 1535–9.
- Estrela, C. et al. (2008). Method for determination of root curvature radius using cone-beam computed tomography images. *Brazilian Dental Journal*. 19(2), 114–8.
- Estrela, C. et al. (2009). Method to evaluate inflammatory root resorption by using cone beam computed tomography. *Journal of Endodontics*. 35(11), 1491–7.
- European Commission. (2023). Radiation Protection 195: Guidelines on the Implementation of ALADAIP in Dental Imaging. Directorate-General for Energy, Radiation Protection Series.
- Gao, Y. et al. (2006). C-shaped canal system in mandibular second molars part IV: 3-D morphological analysis and transverse measurement. *Journal of Endodontics*. 32(11), 1062–65.
- Garib, D. G. et al. (2007). Tomografia computadorizada de feixe cônico (cone beam): entendendo este novo método de diagnóstico por imagem com promissora aplicabilidade na ortodontia. *Revista Dental Press de Ortodontia e Ortopedia Facial*. 12(2), 139–56.
- Gil, A. C. (2017). Como elaborar projetos de pesquisa. 6ed. Atlas. González-Martín, M. et al. (2023). CBCT vs periapical radiographs for diagnosing endodontic pathologies: a systematic review. *Clinical Oral Investigations*. 27, 309–18.
- Gröndahl, H. G. & Huuonen, S. (2004). Radiographic manifestations of periapical inflammatory lesions: how new radiological techniques may improve endodontic diagnosis and treatment planning. *Endodontic Topics*. 8(1), 55–67.
- Gu, L. et al. (2009). A microcomputed tomographic study of canal isthmuses in the mesial root of mandibular first molars in a Chinese population. *Journal of Endodontics*. 3 (3), 353–6.
- Hassan, B. et al. (2009). Detection of vertical root fractures in endodontically treated teeth by a cone beam computed tomography scan. *Journal of Endodontics*. 35(5), 719–22.
- He, B. Z. et al. (2007). Clinical evaluation of different angulation radiograph in diagnosing multiple canals of mandibular first premolars in vivo.
- Hua Xi Kou Qiang Yi Xue Za Zhi. 25 (2), 156–8. He, W. et al. (2020). Endodontic treatment of maxillary first molars presenting with unusual asymmetric palatal root morphology using spiral computerized tomography: a case report. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*. 109(1), e55–e59.
- Huang, X. et al. (2024). Performance of AI-based models in detecting root resorptions and vertical fractures using cone-beam CT. *International Endodontic Journal*. 57(1), 45–52.
- Huunonen, S. et al. (2006). Diagnostic value of computed tomography in re-treatment of root fillings in maxillary molars. *International Endodontic Journal*. 39(10), 827–33.
- Kamburoglu, K. et al. (2009). Measurements of mandibular canal region obtained by cone-beam computed tomography: a cadaveric study. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*. 107(2), e34–42.
- Khojastepour, L. et al. (2015). Assessment of root perforation within simulated internal resorption cavities using cone-beam computed tomography. *Journal of Endodontics*. 4 (9), 1520–3.
- Kourkouta, S. & Bailey, G. C. (2014). Periradicular regenerative surgery in a maxillary central incisor: 7-year results including cone-beam computed tomography. *Journal of Endodontics*. 40(7), 1013–19.
- Kurt, S. N. et al. (2014). Outcomes of periradicular surgery of maxillary first molars using a vestibular approach: a prospective, clinical study with one year of follow-up. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 72(6), 1049–61.

- Lascala, C. A., Panella, J. & Marques, M. M. (2004). Analysis of the accuracy of linear measurements obtained by cone beam computed tomography (CBCT–NewTom). *Dentomaxillofacial Radiology*. 33(5), 291–4.
- Lim, G. et al. (2014). Endodontic and surgical treatment of root damage caused by orthodontic miniscrew placement. *Journal of Endodontics*. 39(8), 1073–7.
- Lofthag-Hansen, S. et al. (2007). Limited cone-beam CT and intraoral radiography for the diagnosis of periapical pathology. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*. 103(1), 114–9.
- Low, K. M. et al. (2008). Comparison of periapical radiography and limited cone-beam tomography in posterior maxillary teeth referred for apical surgery. *Journal of Endodontics*. 34(5), 557–62.
- Ludlow, J. B. et al. (2007). Accuracy of measurements of mandibular anatomy in cone beam computed tomography images. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*. 103(4), 534–42.
- Maini, A., Durning, P. & Drage, N. (2008). Resorption: within or without? The benefit of cone-beam computed tomography when diagnosing a case of an internal/external resorption defect. *British Dental Journal*. 204(3), 135–7.
- Mattuella, L. G. et al. (2005). Root canals and apical foramina of the buccal root of maxillary first premolars with longitudinal sulcus. *Brazilian Dental Journal*. 16(1), 23–9.
- Moraes, S. H., Aragão, E. M. & Heck, A. R. (1998). Radiologia em endodontia. In: Berger, C. R. (Org.). *Endodontia*. São Paulo: Pancast. cap. 11, p. 183–92.
- Nair, M. K. & Nair, U. P. (2007). Digital and advanced imaging in endodontics: a review. *Journal of Endodontics*. 33(1), 1–6.
- Nakagawa, Y. et al. (2002). Preoperative application of limited cone beam computerized tomography as an assessment tool before minor oral surgery. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 31(3), 322–6.
- Nakata, K. et al. (2006). Effectiveness of dental computed tomography in diagnostic imaging of periradicular lesion of each root of a multirrooted tooth: a case report. *Journal of Endodontics*. 32(6), 583–7.
- Nakata, K. et al. (2009). Evaluation of correspondence of dental computed tomography imaging to anatomic observation of external root resorption. *Journal of Endodontics*. 35(11), 1594–7.
- Orhan, K., Aksoy, U. & Kalender, A. (2010). Cone-beam computed tomographic evaluation of spontaneously healed root fracture. *Journal of Endodontics*. 36(9), 1584–7. doi: 10.1016/j.joen.2010.04.004.
- Pablo, Ó. V. et al. (2010). Root anatomy and canal configuration of the permanent mandibular first molar: a systematic review. *Journal of Endodontics*. 36(12), 1919–31.
- Patel, S. et al. (2009). New dimensions in endodontic imaging: part 1. Conventional and alternative radiographic systems. *International Endodontic Journal*. 42(6), 447–62.
- Patel, S. et al. (2007). The potential applications of cone beam computed tomography in the management of endodontic problems. *International Endodontic Journal*. 40, 818–30.
- Patel, S. (2009). New dimensions in endodontic imaging: part 2. Cone-beam computed tomography. *International Endodontic Journal*. 42, 463–75.
- Pereira A. S. et al. (2018). Metodologia da pesquisa científica. [free e-book]. Editora UAB/NTE/UFSM.
- Pinsk, H. M., Champlébourg, G. & Sarment, D. P. (2007). Periapical surgery using CAD/CAM guidance: preclinical results. *Journal of Endodontics*. 33(2), 148–51.
- Pinsky, H. M. et al. (2006). Accuracy of three-dimensional measurements using cone-beam CT. *Dentomaxillofacial Radiology*. 35 (6), 410–6.
- Reddy, Y. P., Karpagavinayagam, K. & Subbarao, C. V. (2008). Management of dens invaginatus diagnosed by spiral computed tomography: a case report. *Journal of Endodontics*. 34(9), 1138–42.
- Rosa, J. E. & Tavares, D. (1988). Método de Clark. In: Métodos radiográficos especiais para o cirurgião dentista. Editora EPUME. cap. 2, p. 3–24.
- Rother, E. T. (2007). Revisão sistemática x revisão narrativa. *Acta Paul. Enferm.* 20(2). <https://doi.org/10.1590/S0103-21002007000200001>.
- Saletta, D. et al. (2005). Root curvature: differences among dental morphotypes and modifications after mechanical instrumentation. *Journal of Periodontology*. 76(5), 723–30.
- Shemesh, H. et al. (2011). The use of cone-beam computed tomography and digital periapical radiographs to diagnose root perforations. *Journal of Endodontics*. 37(4), 513–6.
- Simon, J. H. et al. (2006). Differential diagnosis of large periapical lesions using cone-beam computed tomography measurements and biopsy. *Journal of Endodontics*. 32(9), 833–7.
- Singh, A. et al. (2024). Cone beam computed tomography in endodontics: current evidence and future perspectives. *Journal of Dental Research*. 103(3), 240–52.
- Siqueira, J. F. & Rôças, I. N. (2008). Clinical implications and microbiology of bacterial persistence after treatment procedures. *Journal of Endodontics*. 34(11), 1291–301.

- Soares, M. G. et al. (2007). Tomografia convencional, computadorizada e computadorizada volumétrica com tecnologia cone beam. *Espelho Clínico*. 9, 7–12.
- Stavropoulos, A. & Wenzel, A. (2007). Accuracy of cone beam dental CT, intraoral digital and conventional film radiography for the detection of periapical lesions. *Clinical Oral Investigations*. 11(1), 101–6.
- Terakado, M. et al. (2007). Diagnostic imaging with newly developed ortho cubic super-high resolution computed tomography (Ortho-CT). *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*. 89, 509–11.
- Tomar, D. et al. (2013). Endodontic management of mandibular third molar with three mesial roots using spiral computed tomography scan as a diagnostic aid: a case report. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology*. 115(5): e6-10. doi: 10.1016/j.oooo.2011.10.032.
- Tsurumachi, T. & Honda, K. (2007). A new cone-beam computerized tomography system for use in endodontic surgery. *International Endodontic Journal*. 40, 224–32.
- Von Strechow, D. et al. (2003). Three-dimensional quantitation of periradicular bone destruction by microcomputed tomography. *Journal of Endodontics*. 29(4), 252–6.
- Weine, F. S. (1998). Cálculo do comprimento de trabalho. In: *Tratamento endodôntico*. Editora Santos. p.395–422.
- Weissman, J. et al. (2015). Association between the presence of apical periodontitis and clinical symptoms in endodontic patients using cone-beam computed tomography and periapical radiographs. *Journal of Endodontics*. 44(11), 1824–9.
- White, S. C. & Mallya, S. M. (2012). Update on the biological effects of ionizing radiation, relative dose factors and radiation hygiene. *Australian Dental Journal*. 57(1), 2–8.
- Zhao, J. et al. (2011). Three-dimensional computed topography analysis of a patient with an unusual anatomy of the maxillary second and third molars. *International Journal of Oral Sciences*. 3(4), 225–8. 12)