

Aplicabilidade da tomografia computadorizada de feixe cônico na odontologia: revisão de literatura

Applicability of cone beam computed tomography in dentistry: literature review

Amanda dos Santos Cesca , Deisy Marlene Mioranza , Barbara Cristina Anrain 

Universidade do Oeste de Santa Catarina, Câmpus de Joçaba, SC, Brasil.

*amanda.cesca@gmail.com

RESUMO

A tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) é um aprimoramento da tomografia convencional, desenvolvida especialmente para a avaliação da região maxilofacial. A TCFC produz imagens tridimensionais que permitem sua utilização em diversas áreas da odontologia. O objetivo desta revisão de literatura é mostrar, com base na literatura, a diversidade de aplicações no âmbito odontológico que tal exame imagenológico apresenta, ressaltando os seus benefícios e limitações nas distintas especialidades odontológicas. O presente estudo consiste em uma pesquisa de caráter exploratório, realizada por meio de uma revisão da literatura narrativa. O levantamento bibliográfico foi realizado por meio de fichamentos de artigos de periódicos nacionais e internacionais, teses, dissertações e outras publicações, encontradas nas bases de dados da biblioteca digital (Google Acadêmico, BVS, Sciencedirect, Researchgate, Scielo, Wiley Online Library, Pubmed), nos anos de 2000 a 2020. Os artigos que antecedem essa data foram selecionados por apresentarem caráter histórico sobre o tema proposto. Conclui-se que o cirurgião-dentista deve estar ciente dos avanços tecnológicos que ocorrem na área de imagenologia odontológica para gerir com mais eficiência os diagnósticos e tratamentos, evitando, assim, possíveis erros. A TCFC demonstra possuir múltiplas indicações nas diversas especialidades odontológicas, cada caso deve ser avaliado individualmente, analisando a real necessidade do seu uso. Nos casos em que há a necessidade de sua utilização, o seu custo-benefício é melhor que qualquer desvantagem que ela possa apresentar.

Palavras-chave: Odontologia. Radiologia. Tomografia computadorizada de feixe cônico.

ABSTRACT

Cone beam computed tomography (CBCT) is a conventional tomography's improvement, developed especially for the assessment of the maxillofacial region. CBCT produces three-dimensional images that allow its use in several areas of dentistry. The objective of this literature review is to show, based on the literature, the diversity of applications in the field of dentistry that such imaging has, highlighting its benefits and limitations in different dental specialties. The present study consists of exploratory research, carried out through a review of the narrative literature. The bibliographic survey was carried out by means of national and international journal articles, theses, dissertations and other publications, found in the digital library databases (Google Academic, BVS, Sciencedirect, Researchgate, Scielo, Wiley Online Library, Pubmed) from 2000 to 2020. The articles that precede these data were selected for their historical character on the proposed theme. It is concluded that dentists must be aware of the technological advances that occur in the field of dental imaging in order to manage diagnoses and treatments more efficiently, thus avoiding possible errors. CBCT demonstrates that it has multiple indications in different dental specialties, each case must be evaluated individually, analyzing the real need for its use. In cases where there is a need for its use, its cost-effectiveness is better than any disadvantage it may present.

Keywords: Cone beam computed tomography. Dentistry. Radiology.

INTRODUÇÃO

Em 8 de novembro de 1895, o professor de física Wilhelm Conrad Roentgen realizava experimentos sobre os efeitos dos raios catódicos em uma ampola de vidro com eletrodos positivos e negativos em seu interior. Ao descarregar uma corrente elétrica sobre o tubo, observou um brilho fluorescente originado de uma placa de platinocianeto de bário, que estava localizada próxima a ele. Roentgen interpôs vários objetos entre o tubo e a placa, porém, nenhum foi capaz de atenuar sua luminescência, exceto o chumbo e a platina, que a interrompiam totalmente. Ao segurar esses materiais entre o tubo e placa, ele pode visualizar os ossos de sua própria mão, percebeu, então, que havia descoberto algo que, até aquele momento, não tinha sido registrado. Essa descoberta marca o início do exame radiográfico (Forrai, 2007).

O exame radiográfico se estabeleceu como um método auxiliar imprescindível no diagnóstico e planejamento odontológico. Entretanto, as radiografias convencionais bidimensionais (2D) apresentam algumas limitações em suas imagens, como ampliação e sobreposição de estruturas anatômicas, além de, frequentemente, ocorrerem distorções geométricas e volumétricas na imagem final. Todas essas limitações, apresentadas pela imagem bidimensional, impossibilitam ao cirurgião dentista realizar um diagnóstico incontestável (Rodrigues, Alarcón, Carraro, Rocha & Capelozza, 2010).

No decorrer da história, buscou-se como seria possível obter imagens tridimensionais, pois, as imagens bidimensionais são limitadas. Em 1972, Hounsfield e Ambrose desenvolveram um protótipo do que viria a ser a tomografia computadorizada (TC) (Carvalho, 2007). A TC tornou-se cada vez mais empregada para o diagnóstico odontológico, todavia possuía algumas limitações, como: não permitir a visualização dos elementos dentários em secções transversais e a duração longa do exame, portanto, o paciente era exposto durante um tempo considerável a uma alta dose de radiação (Fukai, Keisuke & Shigenobu, 1986).

Na década de 1990, com as limitações apresentadas pela TC para a região craniofacial decidiu-se aprimorá-la, o que levou ao desenvolvimento de um tomógrafo direcionado à área odontológica, baseado na técnica de feixe cônico, denominado tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC). Sendo essa capaz de produzir imagens tridimensionais de boa qualidade com menor dose de radiação (Mozzo, Procacci, Tacconi, Martini & Andreis, 1998; Hayashi et al., 2018).

Desde o desenvolvimento da TCFC, a sua tecnologia passou por uma rápida evolução, em parte, incitada pelas particularidades e necessidades de cada especialidade odontológica (Moura et al., 2018). Ela possibilita ao cirurgião dentista avaliar, com precisão, a morfologia craniofacial, fraturas ósseas e dentárias, lesões endodônticas e maxilofaciais, anatomia e patologias que envolvem a articulação temporomandibular (ATM), executar o planejamento ortodôntico, entre outros (Araujo, 2019).

O presente trabalho busca mostrar, com base na literatura no âmbito odontológico, a diversidade de aplicações que o exame imagiológico apresenta, ressaltando seus benefícios e limitações nas distintas especialidades odontológicas.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização desta revisão de literatura, pesquisou-se artigos científicos e livros relacionados ao assunto Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico e suas aplicações na odontologia. Essa busca contemplou o acervo da biblioteca e as bases de dados on-line Google Acadêmico, BVS, Sciencedirect, Researchgate, Scielo, Wiley Online Library, Pubmed, Bireme e Periódicos CAPES. Os descritores utilizados para a busca dos artigos variam de acordo com o tema de cada área odontológica. Os principais descritores utilizados para a busca dos artigos foram: “Tomografia computadorizada de feixe cônico”, “odontologia”, “TCFC”, “cone beam computed tomography” e “CBCT”.

Os critérios de inclusão foram: artigos publicados nos idiomas português e/ou inglês, indexados entre os anos 2000 e 2020. Os artigos antecedentes a essa data, utilizados nesta revisão, foram selecionados por apresentarem caráter histórico sobre o tema proposto. Os critérios de exclusão foram: artigos que não apresentassem relevância clínica ou histórica e que não seguissem os critérios de inclusão.

No total, foram analisados 964 artigos e 3 livros. Após a leitura dos resumos/abstracts, foram selecionados 140 artigos e 3 livros, que, posteriormente, passaram por uma análise, seguindo os critérios de inclusão e exclusão. A amostra final consiste em 1 livro e 64 artigos, dos quais 7 artigos foram localizados por meio do Google Acadêmico, 5 do BVS, 6 do Scimedirect, 1 do Researchgate, 7 do Scielo, 6 do Wiley Online Library e 32 do Pubmed.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

História da tomografia computadorizada de feixe cônico

No decorrer da história, sempre existiu a curiosidade de saber como seria o interior do corpo humano, sem a necessidade de intervenção cirúrgica. A descoberta dos raios x possibilitou a obtenção de imagens bidimensionais do corpo humano, contudo, essas imagens levam a perda de muitos detalhes anatômicos, devido à sua tridimensionalidade (Carvalho, 2007).

Hounsfield, engenheiro da EMI Ltd. (Electro Mechanical Installations Limited – Reino Unido), desenvolvia um computador que fosse capaz de analisar o interior de objetos tridimensionais, quando Ambrose, neurorradiologista, questionou se não seria possível ver ou observar o interior craniano. Então, em 1972, Hounsfield criou um protótipo do que viria a ser o tomógrafo. O tempo de aquisição da imagem demorava 9 dias e seu processamento 150 minutos. Aprimorando esse protótipo, Housfield, acoplou um tubo e um gerador de raios x, reduzindo o tempo de aquisição das imagens para 9 horas (Carvalho, 2007).

Quando o tomógrafo passou a ser comercializado, um minicomputador foi adicionado ao sistema, o que reduziu o tempo de obtenção de cada corte para 6 minutos e da reconstrução da imagem para 2 minutos. No Brasil, o primeiro tomógrafo foi instalado em São Paulo, em 1977, no Hospital da Real e Benemérita Sociedade Portuguesa de Beneficência (Carvalho, 2007).

Com o passar dos anos, os aparelhos evoluíram, produzindo imagens melhores, em menor tempo e com custo de produção mais baixo. Quando se compara os números dos tomógrafos modernos com os da primeira geração, torna-se nítido o quanto a tecnologia evoluiu. Em 1980, já era possível obter imagens de alta qualidade e exibi-las quase instantaneamente (Beckmann, 2006).

Na década de 1980, a TC passou a ser cada vez mais usada na área da odontologia, todavia apresentava algumas limitações, como o tempo de exame muito longo, alta dose de radiação e impossibilidade de visualização dos dentes em secções transversais. A maioria desses problemas teve solução com o uso de duas dimensões de detecção internacional, um sistema de detecção com feixe cônico, que utilizava intensificador de imagem e câmera de TV, chamado de tomografia fluoroscópica (Fukai et al., 1986). No estudo realizado por Fukai et al. (1986), constatou-se que a exposição à radiação da TC fluoroscópica foi, aproximadamente, de 10 a 20 vezes menor que a tomografia convencional. Outra vantagem foi visualizar a forma de cada dente sem sobreposição de outras estruturas anatômicas.

No final da década de 1990, Pierluigi Mozzo e Yoshinori Arai desenvolveram um tomógrafo direcionado para a área odontológica, baseado na técnica de feixe cônico. O primeiro nomeou sua máquina como NewTom-9000, ela utilizava um feixe de raios-X em forma de cone e possuía um dispositivo que permitia controlar o tamanho deste feixe (Mozzo et al., 1998). Arai produziu sua máquina a partir de uma unidade de raios-x da marca Scarona (Soredex, Helsinki, Finlândia), chamada ORTHO-CT, que buscava fornecer uma imagem de alta qualidade com o menor nível de radiação possível (Hayashi et al., 2018; Manzi et al., 2018).

A TCFC é um aperfeiçoamento da tomografia convencional médica, conhecida como tomografia computadorizada. Foi desenvolvida especialmente para a região maxilofacial, com a função de produzir imagens tridimensionais das suas estruturas anatômicas (Nasseh & Al-Rawi, 2018).

Desde a sua implementação no cenário odontológico nos anos 2000, o número de máquinas de TCFC em hospitais odontológicos, clínicas particulares e centros de radiologia aumentou exponencialmente ao redor do mundo (P.P. Jaju & Jaju, 2015), devido ao seu potencial de melhorar o atendimento pelos diversos benefícios que proporciona às diversas áreas odontológicas (Araujo, Barros, Lopes, Silva & Freitas, 2019).

A TCFC tornou-se, então, um método de aquisição de imagens com inúmeras indicações na odontologia. Fornece ao cirurgião dentista um diagnóstico aprimorado para inúmeras aplicações clínicas, além de expor o paciente a uma menor dose de radiação em comparação com a tomografia computadorizada convencional (Dula et al., 2014).

Tomografia computadorizada de feixe cônico

A TCFC é um sistema de varredura de feixe cônico que emite um feixe de raios x em forma de cone, irradiando uma grande área ao invés de uma fina fatia, como a TC. Isto possibilita que o equipamento realize apenas um giro e obtenha as informações necessária para reconstruir a região de interesse (ROI) (Nasseh & Al-Rawi, 2018).

Existem diversos modelos de dispositivos de TCFC, uma característica que os diferencia é o posicionamento do paciente durante a realização do exame, sendo a maioria feita com ele em pé ou sentado, podendo também ser em posição supina (Nasseh & Al-Rawi, 2018). O tempo do exame deve ser o mais breve possível, sendo recomendados 20 segundos ou menos, minimizando, assim, o risco de movimentação do paciente (Hayashi et al., 2018).

A máquina possui um tubo de raios x e um sensor bidimensional que giram sincronicamente de 180° a 360° ao redor da cabeça do paciente, para adquirir os dados que formarão a imagem final. Se a TCFC girar 180°, o tempo de exame e a dose de radiação serão menores, entretanto, a qualidade da imagem será inferior à da imagem adquirida pelo giro de 360° (Hayashi et al., 2018).

A resolução da imagem também se relaciona ao tamanho do campo de visão (FOV). Quanto maior o FOV, maior será a área exposta à radiação e menor a definição da imagem. Os dados adquiridos durante o exame são denominados projeções bidimensionais (Dawood, Patel & Brown, 2009).

Após a aquisição das imagens, as projeções bidimensionais são digitalizadas por um software especializado, que utiliza algoritmos de reconstrução para convertê-las em dados tridimensionais, resultando na produção de um volume digital. Voxels são a menor subunidade de um volume digital; são determinados anteriormente à aquisição dos cortes tomográficos, podendo ser modificados para a obtenção de imagens com maior nitidez e contraste. Eles são isotrópicos, isto é, possuem dimensões de altura, largura e profundidade iguais. Geralmente são reconstruídos em orientações ortogonais, pois permitem a visualização das imagens nos planos coronal, axial e sagital (Dawood et al., 2009; Hatcher, 2010; Simões & Campos, 2014).

Voxels menores formam imagens de maior qualidade, entretanto, uma desvantagem na redução do tamanho do voxel é a necessidade de aumentar a miliamperagem (mA) e o tempo de varredura, o que acarreta maior exposição à radiação e tempo de renderização prolongado (Torres et al., 2010; Simões & Campos, 2014).

Os voxels, quando combinados, formam os cortes tomográficos, podendo ser renderizados e visualizados em vários ângulos (Dawood et al., 2009; Hatcher, 2010). Erros durante a aquisição e processamento dos dados da TCFC podem resultar em imagens imprecisas, influenciando erroneamente o diagnóstico e a tomada de decisões terapêuticas (Bueno et al., 2020). O computador exporta os arquivos de imagens no formato DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine), sendo esse o formato digital universal para imagens da área médica, normatizado pela

ISO (International Organization for Standardization) (Meurer et al., 2008; Abramovitch & Rice, 2014).

As limitações da TCFC estão no alto custo do aparelho, na dose de radiação à qual o paciente será exposto, na incapacidade de reprodução dos tecidos moles, além da possibilidade de a imagem ser afetada por diferentes tipos de artefatos (como de dispersão, ruído, endurecimento por feixe, entre outros) (Ahmad, Jenny & Downie, 2012; Jacobs, Salmon, Codari, Hassan & Bornstein, 2018).

Os artefatos são capazes de afetar significativamente a qualidade das imagens da TCFC, pois ocasionam menor contraste das estruturas adjacentes e podem acarretar um diagnóstico impreciso. Estruturas metálicas densas, geralmente, são a origem dos artefatos de imagem em reconstruções de TCFC. Os artefatos apresentam-se como listras claras, listras escuras ou escurecimento das margens adjacentes às bordas metálicas. As listras escuras comumente assemelham-se a lesões cariosas recorrentes ou a fraturas em dentes tratados endodonticamente, as claras degradam a qualidade da imagem e sobrepõem a anatomia existente na região (Abramovitch & Rice, 2014).

Apesar da TCFC expor os pacientes a menor dose de radiação que uma tomografia convencional, o seu uso difundido resultou em preocupações, no que diz respeito à justificativa e otimização das exposições à radiação. Para a escolha dos casos em que será empregada, é necessário cautela para que os recursos materiais e financeiros possam ser utilizados em benefício do paciente, buscando minimizar ao máximo a dose de radiação, seguindo os princípios de ALARA “O mais baixo possível” (as low as reasonably achievable) (Sedentext, 2012; P.P. Jaju & Jaju, 2015).

Ao introduzir o princípio ALARA, é preciso entender que, a redução da dose de radiação a níveis extremamente baixos pode tornar as imagens diagnósticas classificadas como inúteis. Por consequência, o princípio ALARA foi modificado para enfatizar a importância da qualidade da imagem, atribuindo pesos iguais à qualidade e à dose. O novo conceito, então, tornou o ALARA “tão baixo quanto diagnosticamente aceitável” (P.P. Jaju & Jaju, 2015).

A otimização de imagens visa obter equilíbrio entre a dose de radiação e a qualidade da imagem, de acordo com o princípio ALADAIP recentemente introduzido, que significa “tão baixo quanto diagnosticamente aceitável com indicação orientada e específica do paciente” (Oenning et al., 2018).

Declarações publicadas pela Associação Dentária Americana (ADA) e pela Academia Europeia de Radiologia Dentária e Maxilofacial (EADMFR) afirmam que, o cirurgião dentista que prescreva, realize ou interprete o exame de TCFC deve dispor de treinamento e educação adequados em imagens tomográficas. A prescrição da TCFC no tratamento odontológico deve ser realizada quando os riscos associados à potencial dose de radiação absorvida pelo paciente forem superados pelos benefícios que o exame proporcionará ao diagnóstico e tratamento (Hatcher, 2010; American Dental Association, 2012; Brown et al., 2014).

Aplicações clínicas da tomografia computadorizada de feixe cônico na odontologia

Dentro das áreas odontológicas, a que mais utilizava a TCFC era a implantodontia. Contudo, com a evolução da tecnologia e seus benefícios, ela passou a ser cada vez mais solicitada pelas diferentes áreas, pois permite ao cirurgião dentista verificar a morfologia dos ossos da face, além de, diversas doenças, traumas dentários e ósseos, lesões maxilofaciais e endodônticas, dentes impactados, alterações na ATM, entre outros (Rodrigues et al., 2010).

Aplicações da tomografia computadorizada de feixe cônico na cirurgia

Em cirurgia oral, a TCFC pode ser indicada para exodontia de terceiros molares, dentes inclusos, supranumerários, planejamento de cirurgia ortognática e implantes, diagnóstico de fraturas ósseas e dentárias, localização do canal alveolar, avaliação da ATM e acompanhamento pós-cirúrgico de lesões com alta taxa de recidiva (Ahmad et al., 2012).

Os terceiros molares inferiores inclusos, quando próximos ao canal mandibular, apresentam risco de dano ao feixe vaso-nervoso durante a sua extração. A radiografia panorâmica geralmente é utilizada na avaliação pré-cirúrgica. Em sua imagem, deve-se analisar a presença dos critérios de Rood, como escurecimento dos ápices radiculares do dente, interrupção da linha radiopaca do canal da mandíbula e seu desvio, o que sugere a proximidade do dente com o canal mandibular (Ferraz et al., 2019). Porém a imagem 2D da radiografia panorâmica apresenta sobreposição de estruturas anatômicas, portanto, quando se nota a proximidade do terceiro molar com o canal mandibular, deve-se solicitar o exame tridimensional (Matzen & Wenzel, 2015). A possibilidade de lesionar o nervo alveolar inferior no trans cirúrgico é maior quando não se sabe a exata localização do dente, podendo ocasionar um quadro de parestesia ao paciente (Ganz, 2011).

As imagens do exame tridimensional revelam a correta relação do dente com as estruturas anatômicas adjacentes, devido aos cortes tomográficos em diferentes planos espaciais (Matzen & Wenzel, 2015). Salienta-se que, independentemente de a imagem da radiografia panorâmica não apresentar os critérios de Rood, o dente ainda pode estar em contato com o canal mandibular, validando, assim, a solicitação da TCFC (Nakamori et al., 2008).

Diante do fato de a TCFC gerar imagens com corte transversal, nos casos de fissura palatina, possibilita a avaliação da largura e extensão da fenda, além de sua relação com os dentes adjacentes (Ahmad et al., 2012). Esse conhecimento imprescindível da morfologia das fissuras palatinas resulta em um melhor planejamento e manejo cirúrgico, proporcionando um melhor prognóstico (Wortche et al., 2006).

A cirurgia ortognática realizada para correção de discrepâncias esqueléticas dento faciais resulta em melhora da estética e oclusão do paciente. O planejamento pré-cirúrgico torna-se mais condizente com a realidade, quando feito por meio da documentação em 3D. Esse planejamento facilita a escolha do tratamento mais adequado, combinando resultados estéticos e funcionais. Durante as etapas de confecção de modelos de gesso e radiografias convencionais podem ocorrer distorções e a precisão de medidas destoa principalmente em casos mais complexos, como assimetria facial. Por conseguinte, a TCFC auxilia na obtenção de modelos tridimensionais do crânio e torna precisa a sua avaliação (Leal & Moreira, 2013).

Por meio da combinação de exames imagenológicos, como ressonância magnética (RM), TC, TCFC e CAD (Computer-Aided Design) e CAM (Computer-Aided), tornou-se viável criar um paciente virtual fiel às características do indivíduo real. Essa reconstrução propicia ao cirurgião dentista simular a cirurgia, virtualmente, e o resultado pós-cirúrgico do caso, não sendo necessário atividades laboratoriais prévias (Leal & Moreira, 2013).

Na área odontológica, os protótipos biomédicos podem ser utilizados em cirurgia e traumatologia bucomaxilofacial, implantodontia, reabilitação oral e ortodontia. Permitem a construção de modelos físicos que reproduzem fielmente a anatomia craniofacial, além disso, possibilitam visualizar integralmente lesões e os tecidos adjacentes, planejar todo o ato cirúrgico, incluindo a conformação prévia de biomateriais, diminuindo, portanto, o tempo da cirurgia. Para a aquisição desses biomodelos, associa-se a área da imagenologia com os softwares CAD/CAM (Freitas, Costa & Ribeiro, 2010; Safira et al., 2010).

Após a aquisição da imagem, os dados são transferidos para um computador, onde será realizada a sua manipulação para adquirir-se o modelo que será impresso. Posteriormente, a conversão do arquivo para um novo formato será realizada, pois o formato da imagem da TCFC não pode ser processado pela impressora 3D. Os arquivos convertidos, quando impressos, originarão o biomodelo. Como limitações, os protótipos biomédicos apresentam o alto custo e o tempo demorado para sua execução. Porém, a sua utilização influencia positivamente, reduzindo o tempo cirúrgico e elevando a taxa de sucesso do procedimento (Meurer et al., 2008).

Aplicações da tomografia computadorizada de feixe cônico na Endodontia

As radiografias periapicais são o exame mais comum utilizado para obtenção da imagem do interior do canal radicular e dos tecidos periapicais. Por se tratar de um exame 2D de uma estrutura 3D, o cirurgião dentista pode ser levado a superestimar o real comprimento do canal radicular e a correta posição do forame apical (Oliveira et al., 2017).

Diante disso, as aplicações da TCFC na endodontia incluem a visualização da anatomia do canal radicular, identificação e localização de reabsorções internas e externas, detecção de fraturas radiculares verticais, planejamento cirúrgico, diagnóstico de lesões incipientes, proporcionando, ainda, medidas precisas do comprimento de trabalho durante o tratamento endodôntico (Tyndall & Kohlfarber, 2012; Oliveira et al., 2017).

Durante a abertura endodôntica, o cirurgião dentista necessita visualizar os canais radiculares e manuseá-los para realizar o tratamento endodôntico, sem promover desgastes desnecessários a estrutura dental remanescente (Clark & Khademi, 2010). Nos casos em que os canais radiculares se apresentam calcificados, o tratamento endodôntico se torna fatigante. A endodontia guiada (Endoguide) surgiu como uma alternativa de tratamento para casos complexos (Meer et al., 2015).

Para confeccionar um “Endoguide”, são necessárias algumas etapas. Primeiramente, é preciso obter imagens de TCFC e escaneamento intraoral para a confecção de planejamentos virtuais, que irão determinar a profundidade, largura, angulação e localização em que a broca exclusiva para o caso referido será utilizada para abertura endodôntica, sendo assim, possível imprimir o guia de acesso em uma impressora 3D (Connert et al., 2018).

Como desvantagem, a endodontia guiada apresenta algumas limitações, como a necessidade de um acesso em linha reta entre o ápice radicular e a câmara pulpar e acesso limitado à região posterior das arcadas. Em contrapartida, essa técnica proporciona facilidade de execução, agilidade na abertura e localização dos canais radiculares e diminuição da possibilidade de ocorrer perfurações. Devido ao menor desgaste de estrutura dental, a técnica gera, ainda, maior estabilidade aos dentes tratados endodonticamente, o que diminui o risco de fraturas (Connert et al., 2018; Connert et al., 2019).

Aplicações da tomografia computadorizada de feixe cônico na Implantodontia

Os implantes dentários são a escolha ideal para repor elementos perdidos. O implantodontista, que utiliza a TCFC para planejar os seus casos clínicos, o faz com mais precisão, pois ela propicia medidas fidedignas de largura, altura, espessura e qualidade óssea (Al-Ekrish, 2018).

A Academia Americana de Radiologia Oral e Maxilofacial (AAOMR, 2013) preconiza a visualização da região receptora do implante por meio de uma imagem transversal, pois ela assegura, com precisão, a visualização simultânea da altura e largura óssea (Tyndall et al., 2012).

Ao planejar a colocação de implantes, alguns autores afirmaram que um clínico requer informações sobre: estrutura, densidade topográfica e volume ósseo e seu relacionamento com estruturas anatômicas importantes, como nervos, vasos sanguíneos, raízes dentárias, assoalho nasal e cavidades sinusais ou qualquer patologia clinicamente relevante. Consequentemente, a TCFC é indicada como exame pré-operatório na implantodontia (Tyndall et al., 2012; Bornstein et al., 2018).

Na fase de planejamento, a TCFC fornece informações sobre a localização, tamanho e angulação do corpo do implante, a necessidade de enxerto ou remoção óssea e a relação do implante com estruturas anatômicas (seio maxilar, cavidade nasal e canais neurovasculares). Essas informações ajudam a evitar possíveis complicações trans ou pós-cirúrgicas, como parestesias advindas da compressão ou do rompimento parcial ou total de nervos da região maxilofacial (Ganz, 2011; Al-Ekrish, 2018).

No pós-operatório, a TCFC pode ser empregada para observar a relação do implante com o tecido ósseo circundante e estruturas anatômicas. Todavia só deve ser utilizada após procedimentos cirúrgicos complexos, que necessitam de acompanhamento, em casos em que houve reconstrução ou

aumento ósseo, quando existe proximidade do implante com estruturas vasculonervosas ou complicações pós-cirúrgicas (Deeb et al., 2017; Jacobs et al., 2018).

As imagens tridimensionais também podem ser úteis para realizar o diagnóstico e tratamento de possíveis complicações pós-operatórias, como infecções relacionadas aos implantes dentários inseridos próximos às cavidades sinusais (Bornstein et al., 2018).

Na escassez de complicações pós-cirúrgicas, o acompanhamento poderá ser realizado com radiografias periapicais, e, em casos de múltiplos implantes ou próteses, o protocolo indicado é a realização da radiografia panorâmica, pois ambas apresentam de 3 a 6 vezes menor dose de radiação a que o paciente virá a ser exposto, quando comparado com a TCFC (Tyndall et al., 2012; Kottou et al., 2018).

Aplicações da tomografia computadorizada de feixe cônico na Periodontia

O exame radiográfico é um meio auxiliar de diagnóstico e planejamento imprescindível na periodontia, porém, as técnicas radiográficas intra e extraorais oferecem imagens limitadas em apenas dois planos: súpero-inferior e póstero-anterior, além de ocorrerem pequenas distorções geométricas e volumétricas na imagem final, influenciando o tamanho e a detecção de defeitos ósseos. Através das imagens 2D, não é possível mensurar a largura vestíbulo-lingual (VL) do defeito ósseo, somente a altura e a distância mesio-distal (MD) podem ser medidas (Caputo et al., 2009; Rodrigues et al., 2010; Li, Jia & Ouyang, 2015).

A capacidade da TCFC de visualizar o osso alveolar em 3D e fazer medições em qualquer local tem o potencial de melhorar significativamente o diagnóstico periodontal. O uso de imagens 3D e 2D para avaliação de defeitos ósseos artificiais mostraram que a TCFC tem sensibilidade de 80% a 100% na detecção, classificação e identificação de defeitos ósseos, enquanto radiografias intraorais apresentam uma sensibilidade de 63% a 67% (Fuhrmann; Bucker & Dierich, 1995; Misch, Yi & Sarment, 2006).

A TCFC permite a visualização e a localização de defeitos ósseos e lesões de furca, diferentemente da radiografia convencional, que possui a limitação de não permitir a visualização do nível ósseo periodontal e da lâmina dura. Quando não for possível diagnosticar e planejar o tratamento de lesões periodontais, utilizando os métodos radiográficos convencionais, a TCFC pode ser solicitada. Imagens com alta qualidade, por vezes, requerem maior dose de radiação; visando diminuir essa exposição, indica-se a utilização de um FOV pequeno (Dawood et al., 2009; Acar & Kamburoglu, 2014).

A TCFC proporciona maior segurança e precisão no planejamento cirúrgico periodontal, influencia igualmente na escolha das melhores técnicas cirúrgicas e biomateriais superiores em diversas situações. Nos casos de sorriso gengival, a visualização detalhada da relação entre a junção cimento-esmalte e a crista óssea alveolar viabiliza um melhor prognóstico (Souza, Costa & Vidal, 2016).

A última diretriz europeia mostra que há falta de embasamento científico que indique o uso rotineiro da TCFC em casos de pacientes periodontais (Sedentext, 2012). Conforme Kim e Bassir (2017) demonstraram, quando a dose de radiação e o custo do exame forem reduzidos, a TCFC poderá ser mais solicitada na área da periodontia. Entretanto, quando for necessário intervenção cirúrgica ou se tratar de procedimentos complexos, o seu uso é justificável (Souza et al., 2016).

Aplicações da tomografia computadorizada de feixe cônico na Ortodontia e na avaliação da articulação temporomandibular

A AAOMR sugere as seguintes diretrizes para a aplicação da TCFC na ortodontia: analisar o risco de dose de radiação, selecionar FOV adequado conforme a necessidade clínica, reduzir a exposição à radiação e apenas profissionais capacitados devem realizar e interpretar o exame. A

TCFC permite ao ortodontista visualizar todas as imagens que compõem a documentação ortodôntica em apenas um exame (AAOMR, 2013; Garib et al., 2014).

Os dados da TCFC são renderizados nos planos ortogonais, contudo, os softwares possibilitam a visualização do espaço das vias aéreas, a avaliação da região maxilofacial e das estruturas que a compõem. Ela é utilizada em diversos casos, tais como: anomalias na posição e/ou na estrutura dentária, assimetria facial, discrepâncias esqueléticas e dentárias, avaliação dos procedimentos de expansão óssea, sinais e sintomas da ATM, anomalias craniofaciais, entre outros (AAOMR, 2013).

A TCFC é de grande valia no diagnóstico de dentes impactados. Sua imagem tridimensional fornece detalhes sobre a localização da coroa e do ápice radicular, a sua relação com os dentes adjacentes, a orientação do longo eixo do dente e do tracionamento ortodôntico (Pavoni, Mucedero, Laganà, Paoloni & Cozza, 2012).

Segundo Matzenbacher, Campos, Pena e Araújo (2008), a tomografia computadorizada de feixe cônico é o exame imagenológico mais preciso para avaliar a posição vertical dos pontos eleitos à colocação dos mini-implantes para ancoragem esquelética ortodôntica.

Para visualizar as estruturas ósseas que compõem a ATM sem sobreposição e distorção da imagem, a TCFC é o exame mais indicado. Para análise dos tecidos moles, a RM deve ser utilizada. A TCFC detecta, com precisão, as alterações ósseas, como remodelação, erosão, achatamento e anquilose presentes no côndilo, na fossa temporal ou na eminência articular (Alexiou, Stamatakis & Tsiklakis, 2009; Barghan, Merrill & Tetradis, 2012).

Mesmo que a TCFC permita ao profissional visualizar informações fundamentais sobre a morfologia óssea, esse não é o método padrão de diagnóstico em ortodontia, pois expõe o paciente a maior dose de radiação, quando comparado aos exames radiográficos convencionais. É necessário que se avalie a relação custo-benefício de cada caso e seja solicitada quando houver evidência de que novas informações serão acrescentadas e de que elas poderão vir a alterar o plano de tratamento (Garib et al., 2014).

Aplicações da tomografia computadorizada de feixe cônico na Radiologia Odontológica

As imagens bidimensionais têm como limitação a sobreposição de estruturas anatômicas, logo podem deixar de fornecer todas as informações necessárias para o diagnóstico acurado de lesões. Outra limitação do exame bidimensional é a incapacidade de visualizar, com precisão, as margens de lesões. Uma lesão de aparência benigna, quando vista na TCFC, pode apresentar caráter maligno, já que os cortes tomográficos permitem observar as margens irregulares de lesões incipientes (Ahmad et al., 2012).

A imagem 3D propicia a avaliação de lesões ósseas, de sua proximidade com estruturas anatômicas, presença e extensão de reabsorção óssea, expansão cortical e calcificações internas ou externas. Também favorece o acompanhamento pós-cirúrgico de lesões com alta taxa de recidiva, pois permite a visualização integral de suas margens. Quando for necessário avaliar tecidos moles, a RM é o exame de escolha (Ahmad et al., 2012).

Os tumores benignos são avaliados em imagens 2D e 3D; cada uma delas demonstra características diferentes da lesão. Há normalmente, dificuldade para interpretar exames radiográficos convencionais, pois, às vezes, as imagens sofrem sobreposição de estruturas anatômicas. No entanto, a TCFC expressa nitidamente as margens da lesão e a sua relação com as estruturas circundantes (Alcantara, Pagin & Capelozza, 2018).

Para avaliar corretamente os ossos acometidos por neoplasias ou tumores malignos, a TCFC se mostra útil. Auxilia ainda no pré-operatório, mensurando a extensão necessária da ressecção, gerando uma margem de segurança livre de tumor (Closmann & Schmidt, 2007).

Os exames imagenológicos são primordiais para estabelecer diagnóstico presuntivo e auxiliar na escolha da conduta clínica, reduzindo a probabilidade de complicações ao paciente. Em razão disso, o cirurgião dentista necessita de conhecimento e treinamento na interpretação tanto de imagens

2D quanto das 3D, sendo o diagnóstico final determinado pelo exame histopatológico (Alcantara et al., 2018).

Aplicações da tomografia computadorizada de feixe cônico na Odontologia Legal

Os profissionais médicos legistas empregam diferentes métodos para conseguir a identificação de corpos desfigurados, como a idade cronológica, estatura e dimorfismo sexual. As técnicas antropométricas, normalmente fazem uso da pelve e crânio para identificação de corpos decompostos. Todavia, em alguns casos, não há possibilidade de utilizar a pelve, por ela estar ausente ou fragmentada, por essa razão, tem-se analisado estruturas do complexo dentomaxilofacial para a identificação humana (See et al., 2009; Angel, Mincer, Chaudhry & Scarbecz, 2011).

O registro de condições odontológicas, como alteração de erupções dentárias, presença de má-oclusão, tratamentos dentais anteriores, alterações provocadas pela idade e distúrbios do crescimento tornam a boca de cada indivíduo única, portanto são fundamentais no processo de identificação de corpos (Valenzuela, Martin-de las Heras, Marques, Exposito & Bohoyo, 2000).

As aplicações da TCFC são as regiões de cabeça e pescoço, conseqüentemente, na antropologia forense, ela é empregada em identificações, através das arcadas dentárias e seios paranasais (Sarmant & Christensen, 2014). Os dentes são formados pelos tecidos mais resistentes do corpo humano, mesmo em altas temperaturas permanecem quase inalterados, pois são protegidos pela musculatura e estruturas ósseas envolvidas no selamento labial (Woisetschläger, Lussi, Persson & Jackowski, 2011).

Com a TCFC também é possível observar o trajeto percorrido pelo projétil em lesões causadas por armas de fogo, além da distância e direção do disparo. Quando a TCFC é comparada com a tomografia computadorizada de múltiplos detectores, observa-se que o percurso no interior do corpo pode ser visto com a mínima interferência de artefatos metálicos causados pelos fragmentos do projétil (See et al., 2009).

A TCFC está adquirindo mais espaço nessa área, pois é mais fácil de transportá-la, irradia menor dose de radiação, quando comparada a TC convencional, fornece resultados mais rápidos e treinamento mais simples para a sua operação (Sarmant & Christensen, 2014).

CONCLUSÃO

A TCFC demonstra possuir múltiplas indicações nas diversas especialidades odontológicas. Detém, como qualidade, a produção de imagens com cortes coronais, axiais e sagitais, portanto, reproduz fidedignamente estruturas anatômicas em imagens tridimensionais. Suas angulações a tornam imprescindível para realizar diagnósticos e tratamentos que necessitam de uma visualização precisa. A TCFC, desde que bem indicada e executada, é um excelente método auxiliar de diagnóstico e planejamento na odontologia.

REFERÊNCIAS

- Abramovitch, K., & Rice, D. D. (2014). Basic principles of cone beam computed tomography. *Dental Clinics of North America*, 58(3), pp. 463-484.
- Acar, B., & Kamburoglu, K. (2014). Use of cone beam computed tomography in periodontology. *World Journal of Radiology*, 6(5), pp. 139-147.
- Ahmad, M., Jenny, J., & Downie, M. (2012). Application of cone beam computed tomography in oral and maxillofacial surgery. *Australian Dental Journal*, 57, suppl.1, pp. 82-94.

- Alcantara, P. L., Pagin, B. S. C., & Capelozza, A. L. A. (2018). Radiografia panorâmica e tomografia computadorizada de feixe cônico no diagnóstico do cementoblastoma benigno em paciente com fissura lábiopalatina, *Revista FAIPE*, 8(2), pp. 43-52.
- Al-Ekrish, A. A. (2018). Radiology of Implant Dentistry. *Radiologic Clinics of North America*, 56(1), pp. 141-156.
- Alexiou, K., Stamatakis, H., & Tsiklakis, K. (2009). Evaluation of the severity of temporomandibular joint osteoarthritic changes related to age using cone beam computed tomography. *Dentomaxillofacial Radiology*, 38(3), pp. 141-147.
- American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology. (2013). Clinical recommendations regarding use of cone beam computed tomography in Orthodontics. Position statement by the American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, and Oral Radiology*, 16(2), pp. 238-257.
- American Dental Association. (2012). The use of cone-beam computed tomography in dentistry. *The Journal of the American Dental Association*, 143(8), pp. 899-902.
- Angel, J. S., Mincer, H. H., Chaudhry, J., & Scarbecz, M. (2011). Cone-beam computed tomography for analyzing variations in inferior alveolar canal location in adults in relation to age and sex. *Journal of Forensic Sciences*, 56(1), pp. 216-219.
- Araujo, T. L. B., Barros, J. F. M. C., Lopes, S. V. F., Silva, E. F., & Freitas, S. A. P. (2019). Aplicação da tomografia computadorizada de feixe cônico no diagnóstico odontológico-revisão de literatura. *Revista Uningá*, 56(S7), pp. 43-56.
- Barghan, S., Merrill, R., & Tetradis, S. (2012). Cone beam computed tomography imaging in the evaluation of the temporomandibular joint. *Australian Dental Journal*, 57(1), pp. 109-118.
- Beckmann, E. C. (2006). CT scanning the early days. *The British Journal of Radiology*, 79(937), pp. 5-8.
- Bornstein, M. M., Yeung, A. W. K., Tanaka, R., Arx, T. von, Jacobs, R., & Khong, P. L. (2018). Evaluation of health or pathology of bilateral maxillary sinuses in patients referred for cone beam computed tomography using a low-dose protocol. *The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*, 38(5), pp. 699-710.
- Brown, J., Jacobs, R., Levring Jäghagen, E., Lindh, C., Baksi, G., Schulze, D., & Schulze, R. (2014). Basic training requirements for the use of dental CBCT by dentists: a position paper prepared by the European Academy of DentoMaxilloFacial Radiology. *Dentomaxillofacial Radiology*, 43(1), 20130291.
- Bueno, M. R., Estrela, C., Granjeiro, J. M., Estrela, M. R. A., Azevedo, B. C., & Diogenes, A. (2021). Cone-beam computed tomography cinematic rendering: clinical, teaching and research applications. *Brazilian Oral Research*, 35, e024.
- Caputo, B. V., Felicori, S. M., Giovani, E. M., & Costa, C. (2009). Validação da tomografia computadorizada de feixe cônico (CBCT) como recurso pré e pós-operatório na delimitação de lesões tumorais. *Revista do Instituto de Ciências da Saúde*, 27(3), pp. 295-299.

- Carvalho, A. C. P. (2007). História da tomografia computadorizada. *Revista Imagem*, 29(2), pp. 61-66.
- Clark, D., & Khademi, J. (2010). Modern molar endodontic access and directed dentin conservation. *Dental Clinics of North America*, 54(2), pp. 249-273.
- Closmann, J. J., & Schmidt, B. L. (2007). The use of cone beam computed tomography as an aid in evaluating and treatment planning for mandibular cancer. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 65(4), pp. 766-771.
- Connert, T., Zehnder, M. S., Amato, M., Weiger, R., Kühl, S., & Krastl, G. (2018). Microguided endodontics: a method to achieve minimally invasive access cavity preparation and root canal location in mandibular incisors using a novel computer-guided technique. *International Endodontic Journal*, 51(2), pp. 247-255.
- Connert, T., Krug, R., Eggmann, F., Emsermann, I., ElAyouti, A., Weiger, R., ... Krastl, G. (2019). Guided endodontics versus conventional access cavity preparation: a comparative study on substance loss using 3-dimensional-printed teeth. *Journal of Endodontics*, 45(3), pp. 327-331.
- Dawood, A., Patel, S., & Brown, J. (2009). Cone beam CT in dental practice. *British Dental Journal*, 207(1), pp. 23-28.
- Deeb, G., Antonos, L., Tack, S., Carrico, C., Laskin, D., & Deeb, J. G. (2017). Is cone-beam computed tomography always necessary for dental implant placement? *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 75(2), pp. 285-289.
- Dula, K., Bornstein, M. M., Buser, D., Dagassan-Berndt, D., Ettl, D. A., Filippi, A., ... Türp, J. C. (2014). SADMFR guidelines for the use of cone-beam computed tomography/digital volume tomography. *Swiss Dental Journal*, 124(11), pp. 1169-1183.
- Ferraz, T. M., Carneiro, L. S., Stecke, J., Rayes, N., & Oliveira, G. B. (2019) Achados na radiografia panorâmica indicam tomografia computadorizada no pré-operatório de terceiro molar inferior: relato de caso. *Revista Odontológica do Brasil Central*, 28(84), pp. 41-44.
- Forrai, J. (2007). History of x-ray in dentistry. *Revista de Clínica e Pesquisa Odontológica*, 3(3), pp. 205-211, 2007.
- Freitas, S. A. P., Costa, P. M., & Ribeiro, R. C. (2010). Uso da prototipagem biomédica em Odontologia. *Revista Odontologia Clínico-científica*, 9(3), pp. 223-227.
- Fuhrmann, R. A. W., Bucker, A., & Diedrich, P. R. (1995). Assessment of alveolar bone loss with high resolution computed tomography. *Journal of Periodontal Research*, 30(4), pp. 258-263.
- Fukai, T., Keisuke, K., & Shigenobu, K. (1986). Fluoroscopic computed tomography: an attempt at 3-D imaging of teeth and jaw bones. *Oral Radiology*, 2(1), pp. 9-13.
- Ganz, S. D. (2011). Cone beam computed tomography-assisted treatment planning concepts. *Dental Clinics of North America*, 55(3), pp. 515-536.
- Garib, D. G., Calil, L. R., Leal, C. R., & Janson, G. (2014). Is there a consensus for CBCT use in Orthodontics? *Dental Press Journal of Orthodontics*, 19(5), pp. 136-149.

- Hatcher, D. C. Operational principles for cone-beam computed tomography. (2010). *The Journal of the American Dental Association*, 141, Suppl. 3, pp. 3S-6S.
- Hayashi, T., Arai, Y., Chikui, T., Hayashi-Sakai, Honda, K., Indo, H., ... Tanaka, R. (2018). Clinical guidelines for dental cone-beam computed tomography. *Oral Radiology*, 34(2), pp. 89-104.
- Jaju, P. P., & Jaju, S. P. (2015). Cone-beam computed tomography: Time to move from ALARA to ALADA. *Imaging Science in Dentistry*, 45(4), pp. 263-265.
- Jacobs, R., Salmon, B., Codari, M., Hassan, B., & Bornstein, M. M. (2018). Cone beam computed tomography in implant dentistry: recommendations for clinical use. *BMC Oral Health*, 18(1), p. 88.
- Kim, D. M., & Bassir, S. H. (2017). When is cone-beam computed tomography imaging appropriate for diagnostic inquiry in the management of inflammatory periodontitis? an American Academy of Periodontology best evidence review. *Journal of Periodontology*, 88(10), pp. 978-998.
- Kottou, S., Stefanopoulou, N., Krompas, N., Theocharis, S. & Tzapaki, V. (2018). Patient dosimetry during cone beam ct in dental implant planning. *Physica Medica*, 52(1), p. 74.
- Leal, M. P. S., & Moreira, L. M. (2013). Planejamento virtual em cirurgia ortognática: uma mudança de paradigma. *Revista Brasileira de Odontologia*, 70(1), pp. 46-48.
- Li, F., Jia, P. Y., & Ouyang, X. Y. (2015). Comparison of measurements on cone beam computed tomography for periodontal intrabony defect with intra-surgical measurements. *Chinese Journal of Dental Research*, 18(3), pp. 171-176.
- Manzi, F. R., Cardoso, C. A., Valerio, C. S., Santos, P. A. X., & Neto, F. H. (2018). Tomografia computadorizada. In Neto, F. H., Kurita, L. M.; Campos, P. S. *Diagnóstico por Imagem em Odontologia* (pp. 230-245). 1. ed. Nova Odessa: Editora Napoleão.
- Matzen, L. H., & Wenzel, A. (2015). Efficacy of CBCT for assessment of impacted mandibular third molars: a review – based on a hierarchical model of evidence. *Dentomaxillofacial Radiology*, 44(1), 20140189.
- Matzenbacher, L., Campos, P. S. F., Pena, N., & Araújo, T. M. (2008). Avaliação de métodos radiográficos utilizados na localização vertical de sítios eleitos para instalação de mini-implantes. *Revista Dental Press de Ortodontia e Ortopedia Facial*, 13(5), pp. 95-106.
- Meer, W. J. van der, Vissink, A., Ng, Y. L., & Gulabivala, K. (2015). 3D Computer aided treatment planning in endodontics. *Journal of Dentistry*, 45, pp. 67-72.
- Meurer, M. I., Meurer, E., Silva, J. V. L., Bárbara, A. S., Nobre, L. F., Oliveira, M. G., & Silva, D. N. (2008). Aquisição e manipulação de imagens por tomografia computadorizada da região maxilofacial visando à obtenção de protótipos biomédicos. *Radiologia Brasileira*, 41(1), pp. 49-54.
- Misch, K. A., Yi, E. S., & Sarment, D. P. (2006). Accuracy of cone beam computed tomography for periodontal defect measurements. *Journal of Periodontology*, 77(7), pp. 1261-1266.

- Moura, J. R., Silva, N. M., Melo, P. H. L., & Lima, S. R. (2018). Applicability of cone beam computerized tomography in dentistry. *Revista Odontológica de Araçatuba*, 39(2), pp. 22-28.
- Mozzo, P., Procacci, C., Tacconi, A., Martini, P. T., & Andreis, I. A. (1998). A new volumetric CT machine for dental imaging based on the cone-beam technique: preliminary results. *European Radiology*, 8(9), pp. 1558-1564.
- Nakamori, K., Fujiwara, K., Miyazaki, A., Tomihara, K., Tsuji, M., Nakai, M., ... Hiratsuka, H. (2008). Clinical assessment of the relationship between the third molar and the inferior alveolar canal using panoramic images and computed tomography. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 66(11), pp. 2308–2313.
- Nasseh, I., & Al-Rawi, W. (2018). Cone beam computed tomography. *Dental Clinics of North America*, 62(3), pp. 361-391.
- Oenning, A. C., Jacobs, R., Pauwels, R., Stratis, A., Hedesiu, M., & Salmon, B. (2018). Cone-beam CT in pediatric dentistry: DIMITRA project position statement. *Pediatric Radiology*, 48(3), pp. 308-316.
- Oliveira, H. F., Mamede-neto, I., Castro, E. F., Chaves, G. S., Guedes, O. A., Borges, A. H., & Decurcio, D. A. (2017). Análise da precisão do exame de tomografia computadorizada de feixe cônico na determinação do comprimento de trabalho durante a terapia endodôntica. *Revista Odontológica do Brasil Central*, 26(77), pp. 43-46.
- Pavoni, C., Mucedero, M., Laganà, G., Paoloni, V., & Cozza, P. (2012). Impacted maxillary incisors: Diagnosis and predictive measurements. *Annali Di Stomatologia*, 3(3-4), pp. 100-105.
- Rodrigues, M. G. S., Alarcón, O. M. V., Carraro, E., Rocha, J. F., & Capelozza, A. L. A. (2010). Tomografia computadorizada por feixe cônico: formação da imagem, indicações e critérios para prescrição. *Revista Odontologia Clínico-Científica*, 9(2), pp. 115-118.
- Safira, L. C., Maciel, A. S., Souto-Maior, J. C. C., Azevedo, R. A., Cavalcante, W. C., Francischone, C. E., & Sarmiento, V. A. (2010). Aplicação dos biomodelos de prototipagem rápida na Odontologia, confeccionados pela técnica da impressão tridimensional. *Revista de Ciências Médicas e Biológicas*, 9(3), pp. 240-246.
- Sarment, D. P., & Christensen, A. M. (2014). The use of cone beam computed tomography in forensic radiology. *Jornal de Radiologia Forense e Imagem*, 2(4), pp. 173-181.
- Sedentext. (2012). *Radiation protection n.º 172: cone beam CT for dental and maxillofacial radiology*. European Commission Directorate-General for Energy, Luxembourg.
- See, C. von, Bormann, K. H., Schumann, P., Goetz, F., Gellrich, N. C., & Rucker, M. (2009). Forensic imaging of projectiles using cone-beam computed tomography. *Forensic Science International*, 190(1-3), pp. 38-41.
- Simões, C., & Campos, P. S. (2014). Influência do tamanho do voxel na qualidade de imagem tomográfica: revisão de literatura. *Revista da Faculdade de Odontologia – UPF*, 18(3), pp. 361-364.

- Souza, A. A., Costa, I. A. M., & Vidal, P. M. (2016). Tomografia computadorizada no planejamento cirúrgico em Periodontia: revisão de literatura. *Revista Brasileira de Odontologia*, 73(4), pp. 305-310.
- Tyndall, D., & Kohltfarber, H. (2012). Application of cone beam volumetric tomography in endodontics. *Australian Dental Journal*, 57(1), pp. 72-81.
- Tyndall, D. A., Price, J. B., Tetradis, S., Ganz, S. D., Hildebolt, C., & Scarpe, W. C. (2012). Position statement of the American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology on selection criteria for the use of radiology in dental implantology with emphasis on cone beam computed tomography. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*, 113(6), pp. 817-826.
- Torres, M. G. G., Campos, P. S. F., Segundo, N. P. N., Ribeiro, M., Navarro, M., & Crusoé-Rebello, I. (2010). Avaliação de doses referenciais obtidas com exames de tomografia computadorizada de feixe cônico adquiridos com diferentes tamanhos de voxel. *Dental Press Journal of Orthodontics*, 15(5), pp. 42-43.
- Valenzuela, A., Martin-de- las Heras, S., Marques, T., Exposito, N., & Bohoyo, J. M. (2000). The application of dental methods of identification to human burn victims in a mass disaster. *International Journal of Legal Medicine*, 113(4), pp. 236-239.
- Wörtche, R., Hassfeld, S., Lux, C. J., Hensley, F. W., Krempien, R., & Hofele, C. (2006). Clinical application of cone beam digital volume tomography in children with cleft lip and palate. *Dentomaxillofacial Radiology*, 35(2), pp. 88-94.
- Woisetschläger, M., Lussi, A., Persson, A., & Jackowski, C. (2011). Fire victim identification by post-mortem dental CT: radiologic evaluation of restorative materials after exposure to high temperatures. *European Journal of Radiology*, 80(2), pp. 432-440.