

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

FACULDADE DE ODONTOLOGIA

DEPARTAMENTO DE CIRURGIA E ORTOPEDIA

ESPECIALIZAÇÃO EM RADIOLOGIA ODONTOLÓGICA E IMAGINOLOGIA

REDUÇÃO DE ARTEFATOS EM EXAMES DE TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA  
DE FEIXE CÔNICO

EDUARDA ADAMS HILGERT

Porto Alegre

2021

EDUARDA ADAMS HILGERT

REDUÇÃO DE ARTEFATOS EM EXAMES DE TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA  
DE FEIXE CÔNICO

Monografia apresentada como parte dos requisitos obrigatórios para a conclusão do Curso De Especialização em Radiologia Odontológica e Imaginologia pela Faculdade de Odontologia da Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Mariana Boessio Vizzotto

Porto Alegre

2021

### CIP - Catalogação na Publicação

Hilgert, Eduarda Adams  
REDUÇÃO DE ARTEFATOS EM EXAMES DE TOMOGRAFIA  
COMPUTADORIZADA DE FEIXE CÔNICO / Eduarda Adams  
Hilgert. -- 2021.  
27 f.  
Orientador: Mariana Boessio Vizzotto.

Trabalho de conclusão de curso (Especialização) --  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade  
de Odontologia, Especialização em Radiologia  
Odontológica e Imaginologia, Porto Alegre, BR-RS,  
2021.

1. Artefatos. 2. Tomografia Computadorizada de  
Feixe Cônico. 3. Diagnóstico por Imagem. I. Vizzotto,  
Mariana Boessio, orient. II. Título.

## RESUMO

A aquisição de imagens por Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico requer a rotação total ou parcial do emissor de raios X e receptor de imagem. Durante a aquisição, movimentos não desejáveis do aparelho ou do paciente, calibrações defeituosas nos aparelhos ou falhas nos sensores, além da presença de objetos de alta densidade dentro do campo de visão podem gerar artefatos de imagem. Por definição, artefatos são discordâncias entre a imagem visual reconstruída e o conteúdo real, que degrada a qualidade das imagens. Entre os tipos de artefatos, tem-se: o endurecimento do feixe e artefato de metal, ocasionados por uma falha de reconstrução quando da presença de objetos densos dentro do campo de visão e os artefatos de movimento, causados por movimentações durante a realização dos exames. Além de levar a degradação das imagens, os artefatos também podem dificultar a realização de diagnósticos. Considerando esse cenário, medidas vêm sendo propostas na tentativa de reduzir a influência desses artefatos nos exames durante todo o seu processo de aquisição, melhorando assim a qualidade final das imagens adquiridas e facilitando o diagnóstico a ser realizado a partir delas. Esta monografia tem por objetivo relatar os principais tipos de artefatos de imagem, sua implicação clínica, e também apontar os filtros e ferramentas que vêm sendo utilizados com objetivo de potencializar as indicações do exame de Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico na Odontologia.

Palavras-chave: Artefatos. Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico. Diagnóstico por Imagem.

## **ABSTRACT**

The acquisition of Cone Beam Computed Tomography images requires a full or partial rotation of the device. During this process, unintentional movements of the patient or the device, defective calibrations or failures in the sensors, and high-density objects inside the field of view may generate these image artifacts. Artifacts are discrepancies between the reconstructed image and the real content, which reduces the image quality. Among artifacts, there are the beam hardening artifacts and metal artifacts, caused by fails in the reconstruction process when there are high-density objects inside the field of view, and the motion artifacts are caused by movements during the exam acquisition. Besides the image degeneration, the presence of the artifacts may also difficult the diagnosis achievement. Considering this problem, some filters have been proposed to reduce this artifact's influence during the whole acquisition process, improving the final quality of the images and contributing to the diagnosis process. This work aims to report the main kinds of image artifacts, their clinical implications and point the filters and tools that are being applied to optimize/consolidate the indications of Cone Beam Computed Tomography Images in Dentistry.

**Keywords:** Artifacts. Cone Beam Computed Tomography. Diagnostic Imaging.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Imagem tomografia do efeito de endurecimento de feixe (seta branca) .....	9
Figura 2 - Ilustração do Ruído.....	10
Figura 3 – Círculo concêntricos ao eixo de rotação (seta branca) .....	11
Figura 4 - Imagem duplicada decorrente da movimentação do paciente durante o exame....	12
Figura 5 – Estrias metálicas características dos artefatos metálicos.....	13
Figura 6 - Faixa hipodensa justaposta ao retentor metálico, causando a formação do artefato (seta horizontal) .....	13

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - ASPECTOS DOS PRINCIPAIS TIPOS DE ARTEFATOS ENCONTRADOS NAS IMAGENS DE TCFC.....	14
QUADRO 2 - PRINCIPAIS ARTEFATOS EM TCFC E FORMAS PARA REDUZI-LOS.....	22

## SUMÁRIO

<b>A TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA DE FEIXE CÔNICO (TCFC) COMO MODALIDADE DIAGNÓSTICA NA ODONTOLOGIA.....</b>	<b>7</b>
<b>ARTEFATOS EM TCFC: FORMAÇÃO, CLASSIFICAÇÃO E INFLUÊNCIA DE MATERIAIS ODONTOLÓGICOS.....</b>	<b>8</b>
<b>ALTERNATIVAS PARA A REDUÇÃO DE ARTEFATOS DURANTE EM EXAMES DE TCFC.....</b>	<b>16</b>
<b>A IMPORTÂNCIA NA REDUÇÃO DE ARTEFATOS.....</b>	<b>20</b>
<b>ESTADO DA ARTE E TENDÊNCIAS NA REDUÇÃO DE ARTEFATOS.....</b>	<b>21</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>24</b>

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a minha família (Gema, Emília, Vinícius, Peterson, Shirley e Dante) por todo o apoio e incentivo para a realização do curso.

Agradeço ao meu pai João Eduardo, que mesmo não estando mais entre nós, é fundamental em todos os momentos.

À professora Mariana Boessio Vizzotto por toda a orientação e parceria na construção deste trabalho.

A todos os professores do curso de Especialização em Radiologia Odontológica e Imaginologia pela demonstração incansável de carinho a cada aula.

Aos demais futuros colegas Radiologistas, que apesar de todas as dificuldades e incertezas enfrentadas nesses mais de dois anos de curso, permaneceram firmes até aqui.

## A TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA DE FEIXE CÔNICO (TCFC) COMO MODALIDADE DIAGNÓSTICA NA ODONTOLOGIA~

Durante muito tempo, os exames de imagem bidimensionais serviram como a principal fonte de evidência diagnóstica dentro das áreas da Odontologia e da Medicina (ADIBI et al., 2012), entretanto devido às limitações impostas por eles, quando necessário, vem se realizando a substituição por exames tridimensionais (BEZERRA et al., 2015). As imagens adquiridas apresentam-se em três planos (axial, sagital e coronal), permitindo uma visualização em planos transversais quando necessário, assim como a renderização do volume da estrutura (AMERICAN DENTAL ASSOCIATION, 2012). Gradualmente à sua utilização, diretrizes foram definidas para tornar a indicação e aplicação dos exames mais qualificada, uma vez que esta modalidade de exame é considerada, usualmente, auxiliar aos exames convencionais bidimensionais (em Odontologia, os exames intrabucais e panorâmicos), e não deve ser aplicada de forma indiscriminada (AMERICAN DENTAL ASSOCIATION, 2012; PATEL et al., 2019).

O exame tridimensional mais utilizado em Odontologia é a tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC). De acordo com as indicações da American Dental Association, assim como qualquer outra modalidade de exame por imagem, a TCFC deve ser utilizada apenas após uma avaliação clínica detalhada, uma análise criteriosa do histórico de saúde do paciente e dos exames de imagem que já tenham sido realizados (AMERICAN DENTAL ASSOCIATION, 2012). Após o levantamento desses dados, o exame pode ser solicitado para as mais diversas áreas, a exemplo da Implantodontia, Cirurgia Buco-Maxilo Facial e Endodontia (JACOBS, R., 2011).

## ARTEFATOS EM TCFC: FORMAÇÃO, CLASSIFICAÇÃO E A INFLUÊNCIA DE MATERIAIS ODONTOLÓGICOS

Ainda que os exames tomográficos possam ser aplicados para diversas situações dentro da Odontologia, há desvantagens associadas ao seu uso, entre elas a presença de artefatos (NAGARAJAPPA; DWIVEDI; TIWARI, 2015). Artefatos são estruturas presentes em imagens reconstruídas, mas que não são vistas no objeto sob investigação, e são induzidos geralmente por discrepâncias entre o tomógrafo e objeto submetido ao exame (SCHULZE et al., 2011). Sua presença favorece a degradação da imagem e também leva a diagnósticos incorretos e falsos diagnósticos (BHOOSREDDY; SAKHAVALKAR, 2014; JAJU et al., 2013; SINHA et al., 2016), podendo ainda simular ou esconder patologias (NAGARAJAPPA; DWIVEDI; TIWARI, 2015).

É importante que o radiologista consiga reconhecer a presença e compreender o motivo que leva a formação dos artefatos, prevenindo a ocorrência nos exames de imagem quando possível (BHOOSREDDY; SAKHAVALKAR, 2014; SINHA et al., 2016). Geralmente os artefatos aparecem como listras, linhas e/ou sombreamentos orientados a partir das linhas de projeção do exame (SCHULZE et al., 2011). Sua formação pode ter origem através de três fontes distintas (JAJU et al., 2013).

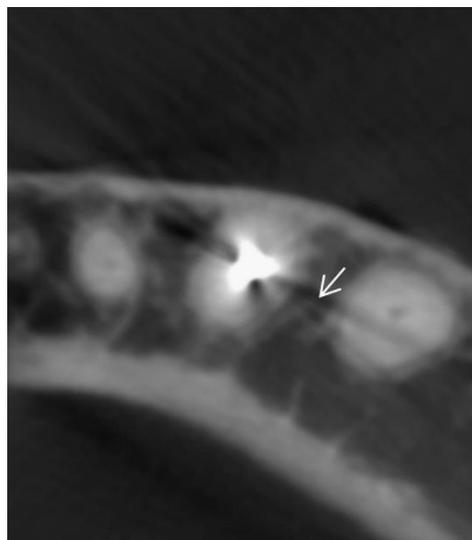
A primeira fonte de produção dos artefatos é aquela relacionada as questões físicas, ou seja, ao processo de aquisição da imagem tomográfica. Alguns possíveis artefatos formados podem ser o *beam hardening*, artefatos de escavação, estrias escurecidas, ruído, entre outros tipos (JAJU et al., 2013). O efeito de *beam hardening*, ou endurecimento do feixe (Figura 1), é uma das principais fontes de artefatos (NAGARAJAPPA; DWIVEDI; TIWARI, 2015) e ocorre devido a uma atenuação muito grande do feixe de radiação em alguns locais do campo de visão, tornando a energia média do feixe maior, já que os fótons de menor energia foram

absorvidos (LIRA DE FARIAS FREITAS et al., 2019).

A partir daí, o algoritmo que processa as informações do detector e reconstrói a imagem assume que o feixe de raios X tem energia mais alta. Essa discrepância entre o espectro de energia de fótons assumido e verdadeiro faz com que o algoritmo interprete erroneamente a quantidade de atenuação experimentada pelo feixe, especialmente os objetos mais densos. O algoritmo acha que ocorreu pouca ou nenhuma atenuação do feixe primário e atribui valores incorretamente baixos de escala de cinza para as áreas do objeto. As consequências na imagem final ocorrem através de dois tipos de artefato: artefatos de escavação (*cupping artefacts*) e a presença de estrias escuras (*dark strikes*) (NAGARAJAPPA; DWIVEDI; TIWARI, 2015).

Outro tipo de artefato que pode acontecer é o ruído, definido como um distúrbio não desejado, aleatório ou não, que reduz a resolução de contraste das imagens (Figura 2), tornando mais difícil a diferenciação de tecidos de menor densidade (JAJU et al., 2013; NAGARAJAPPA; DWIVEDI; TIWARI, 2015). Ele acontece em função da baixa relação sinal/ruído que é comum nos exames de TCFC, associada a características específicas do aparelho, que normalmente possuem uma baixa miliamperagem.

Figura 1. Imagem tomografia do efeito de endurecimento de feixe (seta branca)



Fonte: do autor, 2021.

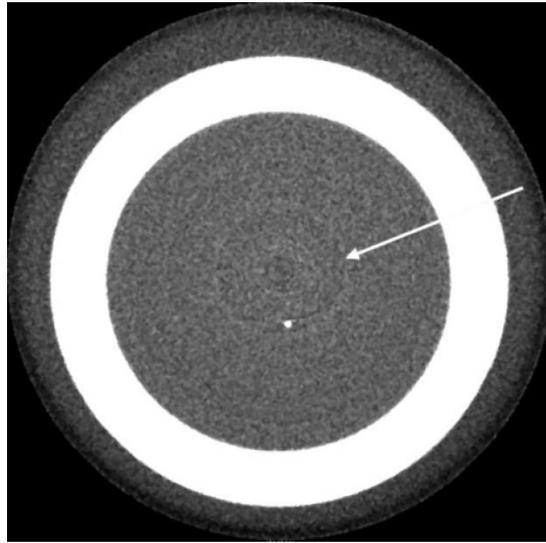
Figura 2. Ilustração do Ruído



Fonte: Bhoosreddy e Sakhavalkar, 2020.

A segunda provável fonte de artefatos está associada ao processo de formação das imagens (JAJU et al., 2013), e o principal tipo de artefato formado é o artefato de anel, ou *ring artefact* (BHOOSREDDY; SAKHAVALKAR, 2014; JAJU et al., 2013; NAGARAJAPPA; DWIVEDI; TIWARI, 2015). Esse artefato pode ocorrer principalmente devido a uma calibração defeituosa dos aparelhos ou ainda ao tamanho do receptor (BHOOSREDDY; SAKHAVALKAR, 2014; NAGARAJAPPA; DWIVEDI; TIWARI, 2015), fazendo com que ocorram leituras repetitivas errôneas em seus detectores (NAGARAJAPPA; DWIVEDI; TIWARI, 2015), sendo caracterizado pela presença de anéis concêntricos e centralizados ao eixo de rotação (Figura 3) (BHOOSREDDY; SAKHAVALKAR, 2014; NAGARAJAPPA; DWIVEDI; TIWARI, 2015; SCHULZE et al., 2011).

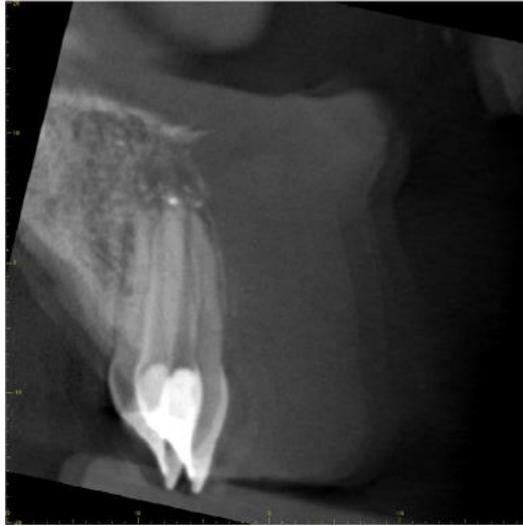
Figura 3 – Círculo concêntricos ao eixo de rotação (seta branca)



Fonte: Schulze et al., 2011.

A terceira e última fonte de formação dos artefatos é aquela relacionada aos pacientes (JAJU et al., 2013), e alguns estudos consideram exemplos desses artefatos os artefatos de movimento e os artefatos metálicos (JAJU et al., 2013; NAGARAJAPPA; DWIVEDI; TIWARI, 2015). Os artefatos de movimento têm sua formação em decorrência de movimentações do paciente ou do aparelho durante a realização do exame ( BHOOSREDDY; SAKHAVALKAR, 2014; NAGARAJAPPA; DWIVEDI; TIWARI, 2015; SCHULZE et al., 2011). Caracteristicamente, apresentam-se como imagens com os bordos pouco nítidos (NAGARAJAPPA; DWIVEDI; TIWARI, 2015) ou duplicadas (Figura 4), ou ainda, com mudanças bruscas de direção (BHOOSREDDY; SAKHAVALKAR, 2014; JAJU et al., 2013; MAKINS, 2014; SCHULZE et al., 2011), e sua magnitude tem relação direta com o grau de movimentação realizado pelo paciente (SINHA et al., 2016) consequente do grande tempo demandado para a realização dos exames (JAJU et al., 2013; SINHA et al., 2016).

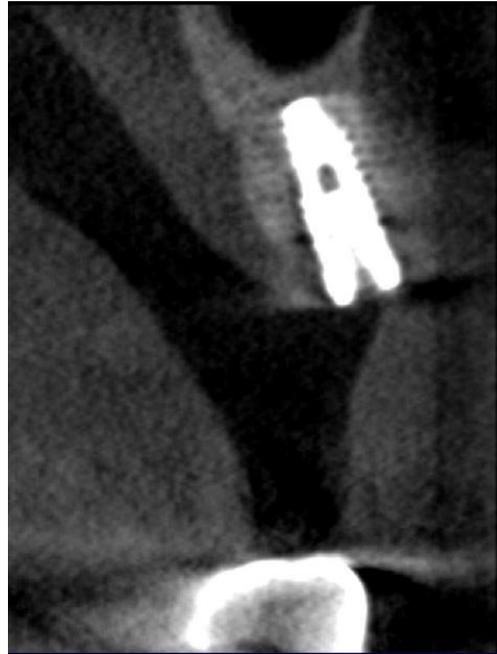
Figura 4. Imagem duplicada decorrente da movimentação do paciente durante o exame



Fonte: Yeung et al., 2019.

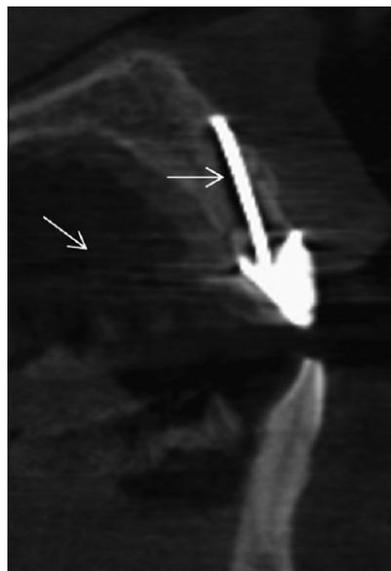
A presença de objetos metálicos (brincos, próteses fixas, restaurações e implantes) dentro do campo de escaneamento, além do endurecimento do feixe, também pode levar a formação dos artefatos de metal (JAJU et al., 2013; NAGARAJAPPA; DWIVEDI; TIWARI, 2015), sendo esses caracterizados pela presença de estrias metálicas escuras e claras em inúmeras direções (Figura 5) (JAJU et al., 2013). Ainda associado a presença dos objetos metálicos, pode ocorrer a formação dos artefatos de valor ausente, que formam áreas escurecidas adjacentes aos materiais metálicos (Figura 6) (SCHULZE et al., 2011).

Figura 5 – Estrias metálicas características dos artefatos metálicos



Fonte: Jaju et al., 2013.

Figura 6. Faixa hipodensa justaposta ao retentor metálico, causando a formação do artefato  
(seta horizontal)



Fonte: Nagarajappa, Dwivedi e Tiwari, 2019.

Sabendo que comumente existe uma variedade de objetos metálicos, com tamanhos diversos, encontrados na região de cabeça e pescoço, entre eles aparelhos ortodônticos, implantes, próteses fixas e restaurações metálicas (PAUWELS et al., 2013), a consequência é a grande produção de artefatos que podem deteriorar a qualidade das imagens em TCFC (FREITAS; VASCONCELOS; NOUJEIM, 2019), conforme pode ser observado no Quadro 1. Sendo assim, a avaliação dessas imagens requer cuidados especiais (PAUWELS et al., 2013), tirando proveito das 3 dimensões disponíveis e evitando interpretações equivocadas dos exames (MARINHO VIEIRA et al., 2020).

**QUADRO 1 - ASPECTOS DOS PRINCIPAIS TIPOS DE ARTEFATOS ENCONTRADOS NAS IMAGENS DE TCFC**

<b>Tipos de Artefatos</b>	<b>Aspecto nas imagens Tomográficas</b>
<b>Beam hardening (endurecimento do feixe)</b>	Estrias escurecidas nas imagens
<b>Ruído</b>	Redução do contraste das imagens e granulação das imagens
<b>Artefato em anel</b>	Círculos concêntricos ao eixo de rotação
<b>Artefatos de movimento</b>	Bordos pouco nítidos, duplicados ou com mudanças bruscas nas direções
<b>Artefatos metálicos</b>	Estrias escuras e claras em inúmeras direções e áreas escurecidas adjacentes aos objetos

A TCFC teve grande impacto na área da Endodontia por fornecer informações mais detalhadas a respeito das condições endodônticas, tais como a fratura radicular (DA SILVEIRA et al., 2013). Por outro lado, esse diagnóstico pode ser comprometido pela produção de artefatos decorrente da presença de retentores intrarradiculares e/ou materiais obturadores endodônticos no interior dos condutos radiculares (FREITAS; VASCONCELOS; NOUJEIM, 2019; PATEL et al., 2013; VIZZOTTO et al., 2013). Esse comprometimento ocorre em função do alto número atômico dos materiais que os constituem (DINIZ DE LIMA et al., 2019; GAËTA-ARAUJO et al., 2020 ; LIRA DE FARIAS FREITAS et al., 2019).

Estudos como o de Marinho Vieira e colaboradores (2020) e Dutra e colaboradores (2017) demonstram que, na presença de materiais com uma maior radiopacidade, ou seja, com maior número atômico (retentores metálicos), a identificação de linhas de fratura é prejudicada, e para materiais com valor menor (pinos de fibra de vidro) ou na total ausência desses materiais, a linha de fratura encontra-se totalmente visível, interferindo menos no diagnóstico (MARINHO VIEIRA et al., 2020; DUTRA et al., 2017). Além disso, fatores como a localização dos artefatos e a sua distância do foco de observação também têm influência na intensidade, visto que artefatos localizados na altura no terço cervical radicular são mais prejudiciais para o diagnóstico de fraturas radiculares quando comparados aos que se localizam no terço apical, (LIRA DE FARIAS FREITAS et al., 2019) e diferentes fontes de artefatos posicionadas em uma distância de 1.5cm ou menos, podem aumentar a intensidade de artefatos produzida (GAÊTA-ARAÚJO et al., 2020).

As indicações das imagens de TCFC na área da Implantodontia abrangem a avaliação das estruturas anatômicas antes da colocação dos implantes (SHERIDAN et al., 2018) e para a avaliação de reabsorções ósseas periimplantares (KUUSISTO et al., 2015). Quando presentes, os implantes favorecem o aparecimento de artefatos metálicos, reduzindo em algumas situações o valor diagnóstico do exame (SHERIDAN et al., 2018), assim como suas indicações (MACHADO et al., 2018). O aparecimento desses artefatos ocorre pois os implantes são compostos por materiais de alta densidade, entre eles zircônia e titânio (FONTENELE et al., 2018), que apresentam expressões variadas (FONTENELE et al., 2018; KUUSISTO et al., 2015; SMEETS et al., 2017).

Em estudos que compararam a magnitude da produção de artefatos em decorrência da sua composição, os implantes de zircônia apresentaram uma quantidade maior de artefatos metálicos, levando a formação de efeitos deletérios nas imagens obtidas, quando comparados a implantes de titânio ou de ligas metálicas de titânio-zircônia (FONTENELE et al., 2018;

SMEETS et al., 2017). Os implantes de titânio, ainda que também tenham produzido artefatos (FONTENELE et al., 2018), não foram tão expressivos (FONTENELE et al., 2018; KUUSISTO et al., 2015), assim como os implantes feitos a partir da liga metálica. Na tentativa de reduzir tal interferência, Kuusisto e colaboradores (2015) compararam implantes de titânio e zircônia à modelos de implantes com preenchimentos radiopacos em diferentes porcentagens, mostrando que somente na ausência de um preenchimento não ocorre a formação de artefatos (KUUSISTO et al., 2015), o que poderia ser considerado em uma tentativa futura de produzir implantes que produzissem uma quantidade menor de artefatos.

O posicionamento dos implantes na arcada também tem influência na intensidade de artefatos, conforme afirmam Machado et al. (2018), sendo que, quando localizados na mandíbula e em uma posição anterior (incisivos e caninos), maior é a sua produção (MACHADO et al., 2018). Considerando que diversos materiais são utilizados na Odontologia, é necessário o conhecimento sobre os artefatos que podem vir a surgir e sobre as tentativas de otimizar o processo de aquisição das imagens, assim como de minimizar sua interferência nos diagnósticos (GAÊTA-ARAÚJO et al., 2020).

## ALTERNATIVAS PARA A REDUÇÃO DE ARTEFATOS DURANTE A REALIZAÇÃO DOS EXAMES DE TCFC

Tendo em vista a presença dos diversos fatores acima mencionados, que ocasionam uma degradação da imagem tomográfica, algumas medidas vêm sendo propostas na tentativa de reduzir a sua interferência, podendo ser aplicadas nas várias etapas que compreendem a aquisição do exame tomográfico. Previamente a realização do exame, podem ser realizadas ações que objetivem reduzir interferências como a movimentação do pacientes (SCHULZE et

al., 2011) e a presença de objetos metálicos junto ao paciente (BHOOSREDDY; SAKHAVALKAR, 2014). A utilização de diferentes parâmetros de aquisição também têm demonstrado influência na imagem final (CANDEMIL et al., 2019), assim como a utilização de algoritmos para a redução de artefatos de origem metálica (CANDEMIL et al., 2019; KIM et al., 2020; DE REZENDE BARBOSA et al., 2016; QUEIROZ et al., 2018), podendo sua utilização ocorrer antes e também após o processamento das imagens tomográficas (PARSA et al., 2014).

Não há muitos estudos na literatura que tratem da limitação imposta por artefatos de movimento, o que torna necessário o reconhecimento das suas fontes causadoras e das formas de evitá-los (SPIN-NETO; WENZEL, 2016). Durante a realização do exame é solicitado ao paciente que permaneça imóvel (NARDI et al., 2016), entretanto movimentos involuntários, ocasionados por medo ou por um simples reflexo em acompanhar a deslocamento do aparelho podem ocorrer (SPIN-NETO; WENZEL, 2016). Buscando reduzir essas chances, garantir uma fixação suficiente da cabeça do paciente (SCHULZE et al., 2011), orientá-lo quanto a não movimentação (BHOOSREDDY; SAKHAVALKAR, 2014), assim como reduzir o tempo de realização do exame (BHOOSREDDY; SAKHAVALKAR, 2014; COSTA et al., 2019; NARDI et al., 2016).

De acordo com as orientações do *guideline* da SEDENTECXT publicado em 2012, sempre que possível, o menor FOV disponível deve ser utilizado para a realização dos exames, já que assim ocorre uma redução na dose de radiação a qual o paciente será submetido e um aumento na qualidade da imagem obtida (EUROPEAN COMMISSION; 2012). Apesar disso, dados na literatura mostram o aumento no tamanho do FOV como uma possível alternativa de redução na expressão dos artefatos metálicos (PAUWELS et al., 2013) entretanto, segundo os próprios autores, essa opção não é factível, já que acarretaria em um aumento na dose de radiação emitida. Uma segunda alternativa, que pode ser aplicada na prática clínica, é a de

posicionar o objeto de forma centralizada ao FOV, reduzindo a quantidade de artefatos produzidos e aumentando a qualidade das imagens (QUEIROZ et al., 2017).

Em seu estudo, Pauwels et al. (2013), afirmam também que a utilização de diferentes tamanhos de voxels não afeta diretamente a qualidade das imagens obtidas, e que se observou um benefício limitado com o aumento dos valores de miliamperagem, já que a dose de radiação emitida é maior do que o ganho na qualidade da imagem. Tal afirmação corrobora com as orientações da SEDENTEXCT, que afirmam que o aumento da miliamperagem altera apenas a dose recebida, mas o contraste da imagem permanece o mesmo (EUROPEAN COMMISSION, 2012). Sendo assim, ainda que existam possibilidades para a redução de artefatos a partir de diferentes protocolos de aquisição (PAUWELS et al., 2013), a sua escolha deve ser realizada de forma individual, com base em cada caso clínico.

Poucos são os estudos que avaliam a influência de filtros digitais em TCFC (DE-AZEVEDO-VAZ et al., 2013), porém áreas como a Endodontia (DE MARTIN E SILVA et al., 2018; NASCIMENTO et al., 2015) e a Implantodontia (DE-AZEVEDO-VAZ et al., 2013) vêm demonstrando as possibilidades da sua aplicação. Imagens obtidas a partir da TCFC nem sempre são próprias para avaliações clínicas assim que adquiridas, levando a uma série de ajustes que objetivam melhorar a sua qualidade (BUENO et al., 2018), sendo um deles a utilização de filtros, que conseguem em algumas situações reduzir os artefatos (DE MARTIN E SILVA et al., 2018). Ainda que os resultados de estudos sejam divergentes, mostrando que em algumas situações clínicas o seu uso apresenta influência positiva na avaliação de alterações (DE SOUSA et al., 2017; DE-AZEVEDO-VAZ et al., 2013) e em outras não (DE MARTIN E SILVA et al., 2018; NASCIMENTO et al., 2015; VERNER et al., 2017), mais estudos que avaliem a aplicação devem ser realizados, considerando que uma grande variedade de filtros está disponível para aplicação tanto em imagens de tomografia como de radiografias digitais (DE-AZEVEDO-VAZ et al., 2013).

O desenvolvimento dos algoritmos para redução de artefatos (Metalic Artefact Reduction ou Artefact Reduction Algorithm) foi motivado devido a uma necessidade de redução dos artefatos induzidos por objetos metálicos (KIM et al., 2020), melhorando assim a capacidade diagnóstica das imagens obtidas (DE REZENDE BARBOSA et al., 2016). Em algumas situações é possível a sua remoção de forma parcial (DE MARTIN E SILVA et al., 2018), uma vez que sua utilização é possível, ainda que pareça óbvio, apenas quando aplicados em pixels metálicos, ou seja, originados a partir de projeções de objetos metálicos (KATSURA et al., 2018; KIM et al., 2020). De uma forma simplificada, seu funcionamento consiste na detecção dos segmentos de projeções corrompidas do objeto, que surgem devido a formação dos artefatos, e sua consequente substituição por valores de projeção adequados, gerando então uma imagem ajustada e mais próxima a imagem original (KATSURA et al., 2018).

Alguns programas utilizados para a aquisição das imagens tomográficas têm disponibilizado esses algoritmos, como é o caso do Picasso Trio (Vatech) (BEZERRA et al., 2015) e do tomógrafo ORTHOPANTOMOGRAPH OP300 (Kavo) (PARSA et al., 2014), porém, outras marcas também disponibilizam os algoritmos de forma avulsa, como mostram Katsura et al. (2018). Estudos que avaliam a influência dos algoritmos apresentam resultados positivos, correlacionando a sua aplicação a uma eficiência na redução dos artefatos (BECHARA et al., 2012; KIM et al., 2020; QUEIROZ et al., 2017). Ainda assim, alguns estudos mostram o contrário (BEZERRA et al., 2015; DE REZENDE BARBOSA et al., 2016), o que evidencia que avaliações objetivas da sua influência são desafiadoras (KIM et al., 2020).

Ainda que as imagens corrigidas por esse mecanismo apresentem uma aparência visual melhor, não há evidência que se equiparem às imagens originais, sem a presença de objetos metálicos (BECHARA et al., 2012). A aplicação das projeções originadas a partir do uso dos mecanismos nem sempre cria imagens superiores, devendo sempre que possível, ser realizada uma avaliação conjunta das imagens com e sem a sua aplicação. Além disso, a reconstrução

multiplanar da imagens deve sempre ser realizada, evitando assim interpretações equivocadas (KATSURA et al., 2018).

## A IMPORTÂNCIA NA REDUÇÃO DE ARTEFATOS EM IMAGENS DE TCFC

O desenvolvimento de ferramentas que permitem a redução de artefatos vem ocorrendo devido a uma necessidade de aprimoramento na qualidade das imagens (DE-AZEVEDO-VAZ et al., 2013), melhorando sua capacidade diagnóstica (DE REZENDE BARBOSA et al., 2016). Áreas como a Implantodontia (DE-AZEVEDO-VAZ et al., 2013; KAMBUROĞLU et al., 2013; PARSA et al., 2014) e a Endodontia (BEZERRA et al., 2015; DE SOUSA et al., 2017; NASCIMENTO et al., 2014; VERNER et al., 2017) já avaliaram a influência de tais instrumentos, com a obtenção de resultados positivos em algumas ocasiões (DE SOUSA et al., 2017; DE-AZEVEDO-VAZ et al., 2013). Ainda estudos tenham apresentado resultados divergentes (CANDEMIL et al., 2019; NASCIMENTO et al., 2014; VERNER et al., 2017), a realização de mais estudos é incentivada, pois é necessário definir de forma mais clara a utilidade dessas ferramentas (DE-AZEVEDO-VAZ et al., 2013).

Ao avaliarem a influência de filtros redutores de artefatos no diagnóstico de complicações endodônticas como instrumentos fraturados, perfurações e reabsorções radiculares externas, Verner e colaboradores (2017) relatam que, mesmo sendo complicações recorrentes no dia a dia clínico, muitas vezes estas podem passar despercebidas em exames de TCFC, não havendo uma melhora no seu diagnóstico quando os filtros são aplicados. (VERNER et al., 2017). Já De Sousa e colaboradores (2017) apontam benefícios diagnósticos na sua utilização, deixando claro que a influência é percebida em algumas imagens e na utilização de alguns filtros, devendo haver uma padronização na avaliação dos exames, minimizando diferenças que podem ocorrer na aplicação dos diferentes tipos de filtros. Mesmo

que não existam diferenças significativas nas avaliações com e sem a utilização dos filtros, nota-se uma melhora na capacidade diagnóstica das imagens quando aplicados, o que estimularia a realização de mais estudos avaliando dentes com alterações endodônticas distintas (NASCIMENTO et al., 2014).

É fundamental que quando aplicado na Implantodontia, o exame tomográfico permita, entre outras possibilidades, a avaliação do implante dentário e da estrutura óssea que o circunda, e que com a utilização das ferramentas redutoras de artefato, a qualidade da imagem melhore, tornando-a mais nítida (PARSA et al., 2014). Em um estudo que avaliou a influência de determinados filtros no diagnóstico da deiscência óssea, que consiste na ausência de cobertura óssea a partir do terço cervical de um implante dentário, de Azevedo-Vaz e colaboradores (2013) constataram que todos os filtros avaliados, à exceção de um, apresentaram desempenho positivo na avaliação, garantindo melhores possibilidades diagnósticas quando comparadas as imagens originais sem filtro. Ainda assim, mais estudos devem ser realizados para simular e demonstrar de forma mais real as estruturas que encontram-se no caminho do feixe de raios X, assim como para esclarecer mais a utilização dos filtros redutores de artefatos (DE-AZEVEDO-VAZ et al., 2013).

## ESTADO DA ARTE E TENDÊNCIAS NA REDUÇÃO DE ARTEFATOS

Inúmeras estratégias que visam melhorar a aplicação da TCFC e a qualidade das imagens obtidas através dela vêm sendo desenvolvidas (Quadro 2). A aquisição de imagens mais nítidas, através de um aperfeiçoamento de diversas ferramentas, fará com que essas limitações sejam superadas, permitindo uma ampliação do uso da TCFC (JAJU; JAJU, 2014). Algumas dessas inovações já estão sendo implementadas dentro da prática clínica, e podem se tornar uma realidade dentro de alguns anos (PAUWELS et al., 2012).

**QUADRO 2 - PRINCIPAIS ARTEFATOS EM TCFC E FORMAS PARA REDUZÍ-LOS**

<b>Artefatos em TCFC</b>	<b>Formas de redução dos artefatos</b>
<b>Artefatos de Movimentação</b>	Fixar a cabeça do paciente. Orientar o paciente quanto a não movimentação. Reduzir do tempo de realização do exame. Utilizar a rotação parcial, quando possível.
<b>Artefatos Metálicos</b>	Remoção de objetos metálicos do paciente Centralização do objeto no FOV Aplicação dos Algoritmos para Redução de Artefatos (MAR) Aplicação de filtros redutores de artefatos
<b>Artefatos em Anel</b>	Calibração dos Aparelhos

Considerando a necessidade de melhora na qualidade das imagens em decorrência da produção de artefatos, o *software* brasileiro e-Vol DX foi desenvolvido para suprir a necessidade de imagens com uma alta qualidade e uma alta redução de artefatos (BUENO et al., 2018). Entre as suas diversas possibilidades de uso estão os ajustes de brilho e contraste, customização da espessura e da nitidez de imagens já adquiridas, e o uso de filtros para a redução de artefatos (BUENO et al., 2018), eliminando o alto contraste resultante de materiais de alta densidade, como os pinos intrarradiculares (ESTRELA et al., 2020). Ainda que poucos estudos o tenham utilizado, os resultados até agora obtidos são positivos, como por exemplo a ausência de alterações dimensionais de pinos ou nos artefatos produzidos, permitindo uma maior acurácia no diagnóstico e no planejamento, e mais ainda, garantindo uma maior previsibilidade na tomada de decisões (ESTRELA et al., 2020).

A utilização de protocolos com rotações parciais durante a aquisição do exame, onde o aparelho não realiza um giro completo ao redor do paciente, também é ser considerada uma ferramenta útil, tendo como vantagem a menor chance de movimentações dos pacientes, assim como a diminuição da dose de radiação, que em algumas situações pode ser reduzida à metade (PAUWELS et al., 2012). Por isso o *software* i-Dixel, utilizado na aquisição das imagens tomográficas nos aparelhos da marca japonesa Morita, apresenta a opção de seleção da rotação parcial para realização dos exames em alguns de seus aparelhos, mantendo os parâmetros de

aquisição das imagens e evitando a necessidade de novas capturas (YEUNG et al., 2020). Ainda assim é válido ressaltar que uma rotação parcial, durante a realização do exame pode levar a uma pequena redução na qualidade da imagem final, influenciada diretamente pela miliamperagem utilizada durante a aquisição do exame, quando comparada a exames que utilizam uma rotação completa de 360° (PAUWELS et al., 2015).

O real benefício na implementação de ferramentas redutoras de artefatos por hora não foi bem estabelecido (BEZERRA et al., 2015). É válido ressaltar que qualquer forma de redução de artefatos é benéfica, influenciando positivamente na qualidade da imagem, além do principal que é permitir o melhor diagnóstico possível (CANDEMIL et al., 2019). Ainda que os princípios básicos de aquisição das imagens tomográficas não venham a sofrer alterações, aspectos que melhorem a qualidade das imagens são extremamente benéficos, visto que podem ocasionar uma aumento na a gama de aplicações da TCFC dentro e fora da Odontologia (PAUWELS et al., 2015).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADIBI, S.; SERVOS, T. Cone Beam Computed Tomography in Dentistry: What Dental Educators and Learners Should Know. **Journal of Dental Education**, v. 76, n. 11, p. 6, 2012.
- BECHARA, B. et al. Metal artefact reduction with cone beam CT: an *in vitro* study. **Dentomaxillofacial Radiology**, v. 41, n. 3, p. 248–253, mar. 2012.
- BEZERRA, I. S. Q. et al. Influence of the artefact reduction algorithm of Picasso Trio CBCT system on the diagnosis of vertical root fractures in teeth with metal posts. **Dentomaxillofacial Radiology**, v. 44, n. 6, p. 20140428, jul. 2015a.
- BEZERRA, I. S. Q. et al. Influence of the artefact reduction algorithm of Picasso Trio CBCT system on the diagnosis of vertical root fractures in teeth with metal posts. **Dentomaxillofacial Radiology**, v. 44, n. 6, p. 20140428, jul. 2015b.
- BHOOSREDDY, A.; SAKHAVALKAR, P. Image deteriorating factors in cone beam computed tomography, their classification, and measures to reduce them: A pictorial essay. **Journal of Indian Academy of Oral Medicine and Radiology**, v. 26, n. 3, p. 293, 2014.
- BUENO, M. R. et al. Development of a New Cone-Beam Computed Tomography Software for Endodontic Diagnosis. **Brazilian Dental Journal**, v. 29, n. 6, p. 517–529, dez. 2018.
- CANDEMIL, A. P. et al. Are metal artefact reduction algorithms effective to correct cone beam CT artefacts arising from the exomass? **Dentomaxillofacial Radiology**, v. 48, n. 3, p. 20180290, mar. 2019.
- COSTA, E. D. DA et al. Influence of scan mode (partial/full rotations) and FOV size in the formation of artefacts in cone beam CT. **Dentomaxillofacial Radiology**, v. 48, n. 4, p. 20180340, maio 2019.
- DA SILVEIRA, P. F. et al. Detection of vertical root fractures by conventional radiographic examination and cone beam computed tomography - an *in vitro* analysis: *Detection of vertical root fractures*. **Dental Traumatology**, v. 29, n. 1, p. 41–46, fev. 2013.
- DE MARTIN E SILVA, D. et al. Diagnosis of Mesiodistal Vertical Root Fractures in Teeth with Metal Posts: Influence of Applying Filters in Cone-beam Computed Tomography Images at Different Resolutions. **Journal of Endodontics**, v. 44, n. 3, p. 470–474, mar. 2018.
- DE REZENDE BARBOSA, G. L. et al. Performance of an artefact reduction algorithm in the diagnosis of *in vitro* vertical root fracture in four different root filling conditions on CBCT images. **International Endodontic Journal**, v. 49, n. 5, p. 500–508, maio 2016a.
- DE REZENDE BARBOSA, G. L. et al. Performance of an artefact reduction algorithm in the diagnosis of *in vitro* vertical root fracture in four different root filling conditions on CBCT images. **International Endodontic Journal**, v. 49, n. 5, p. 500–508, maio 2016b.
- DE SOUSA, E. et al. Influence of enhancement filters in apical bone loss measurement: A cone-beam computed tomography study. **Journal of Clinical and Experimental Dentistry**, p. 0–0, 2017a.
- DE SOUSA, E. et al. Influence of enhancement filters in apical bone loss measurement: A cone-beam computed tomography study. **Journal of Clinical and Experimental Dentistry**, p. 0–0, 2017b.

- DE-AZEVEDO-VAZ, S. L. et al. Enhancement cone beam computed tomography filters improve in vitro periimplant dehiscence detection. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology**, v. 116, n. 5, p. 633–639, nov. 2013a.
- DE-AZEVEDO-VAZ, S. L. et al. Enhancement cone beam computed tomography filters improve in vitro periimplant dehiscence detection. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology**, v. 116, n. 5, p. 633–639, nov. 2013b.
- DINIZ DE LIMA, E. et al. Assessment of Cone-beam Computed Tomographic Artifacts from Different Intracanal Materials on Bicrooted Teeth. **Journal of Endodontics**, v. 45, n. 2, p. 209- 213.e2, fev. 2019.
- ESTRELA, C. et al. Potential of a New Cone-Beam CT Software for Blooming Artifact Reduction. **Brazilian Dental Journal**, v. 31, n. 6, p. 582–588, nov. 2020.
- FONTENELE, R. C. et al. Magnitude of cone beam CT image artifacts related to zirconium and titanium implants: impact on image quality. **Dentomaxillofacial Radiology**, v. 47, n. 6, p. 20180021, jul. 2018.
- FREITAS, D. Q.; VASCONCELOS, T. V.; NOUJEIM, M. Diagnosis of vertical root fracture in teeth close and distant to implant: an in vitro study to assess the influence of artifacts produced in cone beam computed tomography. **Clinical Oral Investigations**, v. 23, n. 3, p. 1263–1270, mar. 2019.
- GAÊTA-ARAÚJO, H. et al. Magnitude of beam-hardening artifacts produced by gutta-percha and metal posts on cone- beam computed tomography with varying tube current. p. 7, [s.d.].
- JACOBS, R. Dental cone beam ct and its justified use in oral health care. **Journal of the Belgian Society of Radiology**, v. 94, n. 5, p. 254, 4 maio 2011.
- JAJU, P.; JAJU, S. Clinical utility of dental cone-beam computed tomography: current perspectives. **Clinical, Cosmetic and Investigational Dentistry**, p. 29, abr. 2014.
- JAJU, P. P. et al. Artefacts in cone beam CT. **Open Journal of Stomatology**, v. 03, n. 05, p. 292–297, 2013.
- KAMBUROĞLU, K. et al. Assessment of buccal marginal alveolar peri-implant and periodontal defects using a cone beam CT system with and without the application of metal artefact reduction mode. **Dentomaxillofacial Radiology**, v. 42, n. 8, p. 20130176, ago. 2013.
- KATSURA, M. et al. Current and Novel Techniques for Metal Artifact Reduction at CT: Practical Guide for Radiologists. **RadioGraphics**, v. 38, n. 2, p. 450–461, mar. 2018.
- KIM, Y. H. et al. Quantitative analysis of metal artifact reduction using the auto-edge counting method in cone-beam computed tomography. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, p. 8872, dez. 2020.
- KUUSISTO, N. et al. Evaluation of intensity of artefacts in CBCT by radio-opacity of composite simulation models of implants *in vitro*. **Dentomaxillofacial Radiology**, v. 44, n. 2, p. 20140157, fev. 2015.
- LIRA DE FARIAS FREITAS, A. P. et al. Assessment of artefacts produced by metal posts on CBCT images. **International Endodontic Journal**, v. 52, n. 2, p. 223–236, fev. 2019a.
- LIRA DE FARIAS FREITAS, A. P. et al. Assessment of artefacts produced by metal posts on CBCT images. **International Endodontic Journal**, v. 52, n. 2, p. 223–236, fev. 2019b.

- MACHADO, A. H. et al. Effect of anatomical region on the formation of metal artefacts produced by dental implants in cone beam computed tomographic images. **Dentomaxillofacial Radiology**, p. 20170281, 10 jan. 2018.
- MAKINS, S. R. Artifacts Interfering with Interpretation of Cone Beam Computed Tomography Images. **Dental Clinics of North America**, v. 58, n. 3, p. 485–495, jul. 2014.
- MARINHO VIEIRA, L. E. et al. Assessment of the Influence of Different Intracanal Materials on the Detection of Root Fracture in Bicrooked Teeth by Cone-beam Computed Tomography. **Journal of Endodontics**, v. 46, n. 2, p. 264–270, fev. 2020.
- NAGARAJAPPA, A.; DWIVEDI, N.; TIWARI, R. Artifacts: The downturn of CBCT image. **Journal of International Society of Preventive and Community Dentistry**, v. 5, n. 6, p. 440, 2015a.
- NAGARAJAPPA, A.; DWIVEDI, N.; TIWARI, R. Artifacts: The downturn of CBCT image. **Journal of International Society of Preventive and Community Dentistry**, v. 5, n. 6, p. 440, 2015b.
- NARDI, C. et al. Motion artefacts in cone beam CT: an *in vitro* study about the effects on the images. **The British Journal of Radiology**, v. 89, n. 1058, p. 20150687, fev. 2016.
- NASCIMENTO, H. A. R. et al. The ‘Sharpen’ filter improves the radiographic detection of vertical root fractures. **International Endodontic Journal**, v. 48, n. 5, p. 428–434, maio 2015.
- NASCIMENTO, M. C. C. et al. Influence of cone beam CT enhancement filters on diagnosis ability of longitudinal root fractures. **Dentomaxillofacial Radiology**, v. 43, n. 3, p. 20130374, mar. 2014.
- PARSA, A. et al. Assessment of metal artefact reduction around dental titanium implants in cone beam CT. **Dentomaxillofacial Radiology**, v. 43, n. 7, p. 20140019, out. 2014a.
- PARSA, A. et al. Assessment of metal artefact reduction around dental titanium implants in cone beam CT. **Dentomaxillofacial Radiology**, v. 43, n. 7, p. 20140019, out. 2014b.
- PATEL, S. et al. The detection of vertical root fractures in root filled teeth with periapical radiographs and CBCT scans. **International Endodontic Journal**, v. 46, n. 12, p. 1140–1152, dez. 2013.
- PATEL, S. et al. Cone beam computed tomography in Endodontics – a review of the literature. **International Endodontic Journal**, p. iej.13115, 9 abr. 2019.
- PAUWELS, R. et al. Future prospects for dental cone beam CT imaging. **Imaging in Medicine**, v. 4, n. 5, p. 551–563, out. 2012.
- PAUWELS, R. et al. Quantification of metal artifacts on cone beam computed tomography images. **Clinical Oral Implants Research**, v. 24, p. 94–99, ago. 2013.
- PAUWELS, R. et al. Technical aspects of dental CBCT: state of the art. **Dentomaxillofacial Radiology**, v. 44, n. 1, p. 20140224, jan. 2015.
- QUEIROZ, P. M. et al. Evaluation of a metal artefact reduction tool on different positions of a metal object in the FOV. **Dentomaxillofacial Radiology**, v. 46, n. 3, p. 20160366, mar. 2017.
- QUEIROZ, P. M. et al. Metal artifact production and reduction in CBCT with different numbers of basis images. p. 4, [s.d.].
- SCHULZE, R. et al. Artefacts in CBCT: a review. **Dentomaxillofacial Radiology**, v. 40, n. 5, p. 265–273, jul. 2011.

SINHA, A. et al. Understanding artifacts in cone beam computed tomography. **International Journal of Maxillofacial Imaging**, p. 4, [s.d.].

SMEETS, R. et al. Artefacts in multimodal imaging of titanium, zirconium and binary titanium–zirconium alloy dental implants: an *in vitro* study. **Dentomaxillofacial Radiology**, v. 46, n. 2, p. 20160267, fev. 2017.

SPIN-NETO, R.; WENZEL, A. Patient movement and motion artefacts in cone beam computed tomography of the dentomaxillofacial region: a systematic literature review. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology**, v. 121, n. 4, p. 425–433, abr. 2016.

The use of cone-beam computed tomography in dentistry. **The Journal of the American Dental Association**, v. 143, n. 8, p. 899–902, ago. 2012.

VERNER, F. S. et al. Influence of Cone-Beam Computed Tomography filters on diagnosis of simulated endodontic complications. **International Endodontic Journal**, v. 50, n. 11, p. 1089–1096, nov. 2017a.

VERNER, F. S. et al. Influence of Cone-Beam Computed Tomography filters on diagnosis of simulated endodontic complications. **International Endodontic Journal**, v. 50, n. 11, p. 1089–1096, nov. 2017b.

VIZZOTTO, M. B. et al. CBCT for the assessment of second mesiobuccal (MB2) canals in maxillary molar teeth: effect of voxel size and presence of root filling. **International Endodontic Journal**, v. 46, n. 9, p. 870–876, set. 2013.

YEUNG, A. W. K. et al. Patient motion image artifacts can be minimized and re-exposure avoided by selective removal of a sequence of basis images from cone beam computed tomography data sets: a case series. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology**, v. 129, n. 2, p. e212–e223, fev. 2020.