

Atendendo a solicitação do(a) autor(a),
o texto completo desta tese/dissertação
será disponibilizado somente a partir de
28/07/2024.

At the author's request, the full text of
this thesis/dissertation will not be
available until Jul 28, 2024.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de São José dos Campos
Instituto de Ciência e Tecnologia

KAROLINA APARECIDA CASTILHO FARDIM

**ANÁLISE COMPARATIVA DA INFLUÊNCIA DE FILTROS DE PÓS-
PROCESSAMENTO E DA VARIAÇÃO DOS PARÂMETROS DE
AQUISIÇÃO NA QUANTIFICAÇÃO DE ARTEFATOS METÁLICOS
EM IMAGENS DE TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA DE FEIXE
CÔNICO**

2022

KAROLINA APARECIDA CASTILHO FARDIM

**ANÁLISE COMPARATIVA DA INFLUÊNCIA DE FILTROS DE PÓS-
PROCESSAMENTO E DA VARIAÇÃO DOS PARÂMETROS DE AQUISIÇÃO NA
QUANTIFICAÇÃO DE ARTEFATOS METÁLICOS EM IMAGENS DE
TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA DE FEIXE CÔNICO**

Tese apresentada ao Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Campus de São José dos Campos, como parte dos requisitos para obtenção do título de DOUTOR pelo Programa de Pós-Graduação em BIOPATOLOGIA BUCAL.

Área: Periodontia. Linha de pesquisa: Estudos sobre microbiologia, imunologia e terapia em periodontia e implantodontia.

Orientador: Prof. Assoc. Sérgio Lúcio Pereira de Castro Lopes

Coorientador: Prof. Assist. Dr. Adriano Bressane

São José dos Campos

2022

Instituto de Ciência e Tecnologia [internet]. Normalização de tese e dissertação [acesso em 2022]. Disponível em <http://www.ict.unesp.br/biblioteca/normalizacao>

Apresentação gráfica e normalização de acordo com as normas estabelecidas pelo Serviço de Normalização de Documentos da Seção Técnica de Referência e Atendimento ao Usuário e Documentação (STRAUD).

Fardim, Karolina Aparecida Castilho

Análise comparativa da influência de filtros de pós-processamento e da variação dos parâmetros de aquisição na quantificação de artefatos metálicos em imagens de tomografia computadorizada de feixe cônico / Karolina Aparecida Castilho Fardim. - São José dos Campos : [s.n.], 2022.
89 f. : il.

Tese (Doutorado em Biopatologia Bucal) - Pós-graduação em Biopatologia Bucal - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia, São José dos Campos, 2022.

Orientador: Sérgio Lúcio Pereira de Castro Lopes

Coorientador: Adriano Bressane

1. Artefatos. 2. Implantes dentários. 3. Interface osso-implante. 4. Intensificação de imagem radiográfica. 5. Tomografia computadorizada de feixe cônico. I. Lopes, Sérgio Lúcio Pereira de Castro, orient. II. Bressane, Adriano, coorient. III. Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia, São José dos Campos. IV. Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita Filho' - Unesp. V. Universidade Estadual Paulista (Unesp). VI. Título.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Assoc. Sérgio Lúcio Pereira de Castro Lopes (Orientador)

Universidade Estadual Paulista (Unesp)

Instituto de Ciência e Tecnologia

Campus de São José dos Campos

Profa. Assist. Dra. Andréa Carvalho de Marco

Universidade Estadual Paulista (UNESP)

Instituto de Ciência e Tecnologia

Campus de São José dos Campos

Profa. Assoc. Maria Aparecida Neves Jardim

Universidade Estadual Paulista (Unesp)

Instituto de Ciência e Tecnologia

Campus de São José dos Campos

Profa. Titular Anna Silvia Penteado Setti da Rocha

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

Departamento de Física

Campus Curitiba

Profa. Dra. Nayene Leocadia Manzutti Eid

Faculdade de Ciências Médicas da Unicamp (FCM)

Campus Campinas

São José dos Campos, 28 de julho, 2022.

DEDICATÓRIA

Aos que tenho dedicado minha vida, meus dias e instantes aqui também a eles dedico mais este momento: Italo e Enríco, com amor e gratidão.

Ao meu pai José (in memoriam) e aos meus avós Zico (in memoriam) e Geny (in memoriam) com saudade e amor!

Ao meu orientador, dedico esta tese, para que não se esqueça que faz diferença na vida de muitos!

AGRADECIMENTOS

Com o coração é necessário reconhecer e manifestar gratidão a todo instante!

*Agradeço e Ofereço a **Deus** meus sentimentos mais nobres, **Deus**, que me acolhe e guia em orfandades, desesperos, alegrias ou sorrisos, sem Ele nada sou.*

*Aos meus filhos **Ítalo** e **Enrico**, com amor, muito obrigada! Sou grata a vocês por me fazerem mãe e por manterem o meu coração cheio de propósitos, ternura e força para passar pelos desafios. Se caminho em alguma direção é por vocês. Meus amores, minha eterna gratidão.*

*Ao **Paulo** por NOSSAS escolhas em comum, porque só nós sabemos o quanto custa e vale cada passo, obrigada!*

*As minhas irmãs, **Kassiana** e **Kássia** porque além de qualquer apoio é preciso saber ser colo, abraço e compreensão, ser plural em meio as adversidades!*

*Agradeço ao meu sogro **Francisco Fardim**, sua esposa **Janércia Alves**, minha cunhada **Giúlia Fardim** pelo apoio e presença, ternura e paciência, certamente **Enrico** e **Paulo** compartilham deste agradecimento!*

*As minhas **AMIGAS** e incentivadoras **Rosa**, **Nanda**, **Tânia**, **Ju**, **Simone** e **Fabiana** muitos anos juntas mesmo na distância com amor, respeito e admiração!*

*Ao meu orientador **Professor Sérgio Lúcio Pereira de Castro Lopes**, minha gratidão e admiração. Agradeço pela confiança e oportunidades, pelos ensinamentos feitos da maneira mais simples e honesta a respeito das coisas mais complicadas! Certamente eu não poderia ter a sorte de orientador melhor, além do profissional está o ser humano incrível, e isso é pra poucos! Minha eterna gratidão!*

*Ao meu coorientador **Professor Adriano Bressane** por me acolher e guiar nos caminhos da estatística, e mais do que ajudar a responder as perguntas da pesquisa, sempre à disposição direcionando minhas dúvidas com profissionalismo e bom humor.*

*Agradeço ao programa de **Estágio Supervisionado em Docência**, aos professores da radiologia, ao **Professor Luiz Roberto Coutinho Manhães Júnior**, as turmas do integral e vespertino dos anos de 2019, 2020, 2021, estarão sempre em meu coração pela oportunidade de crescimento na prática docente!*

*Aos **alunos da graduação** que confiaram em minha orientação em seus TCCs, e ICs sou feliz e grata! Em especial agradeço as alunas **Ana Paula Sodré**, **Isabelle Cristine Togni Xavier**, **Natália Lopes Brito Capellato**, **Cíntia Villela Silva** com muito carinho.*

Ao CCI - Dente de Leite, sou extremamente grata, nenhuma palavra é capaz de retribuir. Este espaço que acolheu meu Enrico foi fundamental nesta caminhada, certamente teria sido difícil sem essa ajuda!

Agradeço a BDS - Brazilian Dental Science, na pessoa do Editor Chefe Professor Sérgio Eduardo de Paiva Gonçalves e a toda equipe, pelo presente do trabalhar e aprender, não sou mais a mesma, muito me acrescentou!

Ao Professor Weber Ursi, pelo estágio docente na disciplina e clínica de ortodontia, me oferecendo oportunidade em um momento preciso da minha caminhada, sempre serei grata!

Aos Professores Andréa e Amorim pelo estágio docente, na disciplina de Geriatria, sou grata e tenho grande admiração, tanta delicadeza, conhecimento e disponibilidade serviu certamente de incentivo.

Aos membros da banca do meu Exame Geral de Qualificação e Defesa da Tese, gratidão pelo aceite, disponibilidade e considerações.

A todos os professores que contribuíram com a minha formação durante o doutorado, obrigada! Em especial quero agradecer aos professores das disciplinas de Periodontia e Radiologia!

Aos colegas, gratidão pelos momentos compartilhados Pâmela, Tassiano, Cassia, Manuela, Amanda, Laís, Tati, Victória, Elaine, Bianca, Leticia, Eduardo, Crísthian e as queridas BrunaS Lima e Melo.

Ao trio do coração Alex, Conceição e Eliane, com carinho minha gratidão e consideração!

À Faculdade de Odontologia na pessoa de sua diretora Profa. Rebeca Di Nicoló, a Coordenação do Programa de Pós Graduação em Biopatologia Bucal e Ciências Aplicadas a Saúde Bucal do Instituto de Ciência e Tecnologia da UNESP - São José dos Campos na pessoa da então Coordenadora Profa. Luciane Dias de Oliveira e Prof. Alexandre Luiz Souto Borges, respectivamente.

A equipe da secretaria do Programa de pós graduação Bruno, Carolina e Sandra, que sempre estiveram a disposição com boa vontade, sou muito grata!

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. E Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) - (processo: 2019/00495-6 e 2019/26170-6). Período: 01/06/2019 a 01/06/2021.

Sou grata a todos aqueles que ao longo da minha vida foram auxílio, a gratidão vai além de qualquer pagamento, tantas pessoas fizeram a diferença, umas me mostrando o meu melhor, outras às minhas sombras e todas foram lição e crescimento, estão em mim, continuo a caminhar em busca de progredir, então, gratidão, por antes, por agora e pelo amanhã. Sou igualmente grata a todos!

" Senhor,
Fazei de mim um instrumento de vossa Paz.
Onde houver Ódio, que eu leve o Amor,
Onde houver Ofensa, que eu leve o Perdão.
Onde houver Discórdia, que eu leve a União.
Onde houver Dúvida, que eu leve a Fé.
Onde houver Erro, que eu leve a Verdade.
Onde houver Desespero, que eu leve a Esperança.
Onde houver Tristeza, que eu leve a Alegria.
Onde houver Trevas, que eu leve a Luz!

Ó Mestre,
fazei que eu procure mais:
consolar, que ser consolado;
compreender, que ser compreendido;
amar, que ser amado.
Pois é dando, que se recebe.
Perdoando, que se é perdoado e
é morrendo, que se vive para a vida eterna!

Amém”
Autor desconhecido, dedicado a São Francisco de Assis

SUMÁRIO

RESUMO.....	8
ABSTRACT.....	9
1 INTRODUÇÃO	10
2 PROPOSIÇÃO	15
2.1 Objetivo geral.....	15
2.2 Objetivo específico.....	15
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	16
3.1 Desenho do estudo	16
3.2 Comitê de ética	16
3.3 Tamanho e fonte da amostra.....	16
3.4 Preparo da amostra e aquisição dos volumes de imagens	17
3.5 Aplicação dos filtros	22
3.6 Quantificação dos artefatos	23
3.7 Calibração do avaliador	26
3.8 Análise estatística	27
4 RESULTADOS.....	34
4.1 Condição 01	34
4.2 Condição 02	40
4.3 Condição 03	48
4.4 Condição 04	56
5 DISCUSSÃO	61
6 CONCLUSÃO	68
REFERÊNCIAS.....	69
APÊNDICE	77
ANEXO.....	87

Fardim KAC. Análise comparativa da influência de filtros de pós-processamento e da variação dos parâmetros de aquisição na quantificação de artefatos metálicos em imagens de tomografia computadorizada de feixe cônico [tese]. São José dos Campos (SP): Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia; 2022.

RESUMO

Este estudo teve como objetivo comparar o efeito de 04 filtros de realce de imagem - Multi CDT NR1 e BAR1 - do *software* e-Vol DX (e-Vol DX, CDT, Brasil) e os filtros 1x e 2x do *software* Ondemand3D (CyberMed, Seoul, Republic of Korea), na quantificação de artefatos gerados por implantes dentários em imagens de tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC). Foram utilizadas imagens de TCFC de um *phantom* de mandíbula, adquiridas com variação do material do implante (titânio (Ti) e dióxido de zircônio (ZrO₂)), região do implante (incisivo, canino, pré-molar e molar), tamanho do voxel (0,25 mm e 0,30mm) e posição do *phantom* no FOV (central, anterior, posterior, direita e esquerda). No *software* ImageJ em corte axial previamente definido, e usado como referência em cada um dos volumes estudados, em imagens com e sem a aplicação dos filtros, foi realizado a quantificação dos artefatos por um radiologista devidamente calibrado (ICC 0,97). Foram definidos grupos experimentais para as análises estatísticas das variáveis 02 a 02, sempre aliadas à variável filtro e seus efeitos na quantificação dos artefatos. Os testes de Shapiro-Wilk e de Bartlett, foram utilizados para avaliar a normalidade e homoscedasticidade. Para estudo das diferenças significativas entre os grupos foram utilizados os testes de ANOVA e Tukey (paramétricos), Kruskal-Wallis seguido de Conover-Iman (não paramétricos). Os resultados evidenciaram que o Ti apresentou menor quantificação em comparação ao ZrO₂, nos 02 *softwares*. A menor quantificação de artefatos foi obtida no *software* e-Vol DX, filtro BAR 1, Ti e ZrO₂. Não houve diferença significativa em relação ao tamanho do voxel para os materiais estudados ($p=0,975$ e $p=0,901$), posição do implante ($p>0,05$) e variações de posição no FOV ($p>0,05$). O Filtro Multi não apresentou diferenças significativas em relação às imagens sem filtro. Para os filtros do OnDemad3D, não houve diferença entre uso e não uso, independentemente do tamanho do voxel ($p>0,05$). Em conclusão o filtro BAR 1 apresentou-se como uma promissora ferramenta na redução dos artefatos oriundos de implantes dentários.

Palavras-chave: Artefato. Implantes dentários. Interface Osso-Implante. Intensificação de imagem radiográfica. Tomografia computadorizada de feixe cônico.

Fardim KAC. Comparative analysis of the influence of post-processing filters and the variation of acquisition parameters in the quantification of metallic artefacts in cone-beam computed tomography [doctorate thesis]. São José dos Campos (SP): São Paulo State University (Unesp), Institute of Science and Technology; 2022.

ABSTRACT

This study aimed to compare the effect of 04 image enhancement filters - Multi CDT NR1 and BAR1 - of the e-Vol DX software (e-Vol DX, CDT, Brazil) and the 1x and 2x filters of the Ondemand3D software (CyberMed, Seoul, Republic of Korea), in the quantification of artifacts generated by dental implants in cone beam computed tomography (CBCT) images. CBCT images of a mandible phantom were used, acquired with variation of the implant material (titanium (Ti) and zirconium dioxide (ZrO₂)), implant region (incisor, canine, premolar and molar), voxel size (0.25 mm and 0.30 mm) and phantom position in the FOV (central, anterior, posterior, right and left). In the ImageJ software, in a previously defined axial section, and used as a reference in each of the volumes studied, in images with and without the application of filters, the quantification of the artifacts was performed by a properly calibrated radiologist (ICC 0.97). Experimental groups were defined for the statistical analysis of variables 02 to 02, always combined with the filter variable and its effects on the quantification of artifacts. The Shapiro-Wilk and Bartlett tests were used to assess normality and homoscedasticity. To study the significant differences between the groups, the ANOVA and Tukey tests (parametric), Kruskal-Wallis followed by Conover-Iman (non-parametric) were used. The results showed that Ti presented lower quantification compared to ZrO₂, in the 02 softwares. The lowest quantification of artifacts was obtained using the e-Vol DX software, BAR 1, Ti and ZrO₂ filters. There was no significant difference regarding voxel size for the materials studied ($p=0.975$ and $p=0.901$), implant position ($p>0.05$) and position variations in the FOV ($p>0.05$). The Multi Filter did not present significant differences in relation to the unfiltered images. For OnDemad3D filters, there was no difference between use and non-use, regardless of voxel size ($p>0.05$). In conclusion, the BAR 1 filter presented itself as a promising tool in the reduction of artifacts from dental implants.

Keywords: Artifacts. Bone-Implant Interface. Cone-beam computed tomography. Dental implants. Radiographic image enhancement.

1 INTRODUÇÃO

Viabilizando a avaliação tridimensional (3D) da região de interesse com um volume de dados em diferentes planos, a Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico (TCFC) tem sido um exame complementar fundamental em odontologia, útil quando utilizado com cautela e conhecimento e por isso tem sido foco em inúmeros estudos científicos (Bayat et al., 2016; Bechara et al., 2012a; Bornstein et al., 2015; Oenning et al., 2018; Pauwels et al., 2015; Scarfe et al., 2006).

De maneira resumida, em seu funcionamento, o detector e a fonte de raios X giram ao entorno do objeto, fornecendo centenas de projeções de imagens bidimensionais (2D) que irão através de um algoritmo disponibilizar o volume 3D. Considerando a dose de radiação X, a TCFC possui a característica de doses mais baixas, quando comparada as tomografias convencionas (TC), (sem considerar otimização da dose em TC), que operam com maior quilovoltagem (kV) e miliamperagem (mA), porém o nível de ruído comparado é alto em TCFC e a resolução de contraste menor interferindo um pouco na qualidade da imagem (Pauwels et al., 2012), também devemos lembrar que o custo do exame em TCFC é razoavelmente mais acessível.

É fato que em implantodontia, foram considerados os potenciais benefícios para o diagnóstico a partir das imagens nos diversos planos (axial, sagital, coronal) e a TCFC passou a ser aceita como uma necessidade há certo tempo (Harris et al., 2002). Atualmente, a TCFC tem auxiliado na prática clínica, apresentando uma ampla possibilidade de aplicações, beneficiando o diagnóstico, planejamento, e com auxílio indispensável em determinadas situações após a instalação dos implantes que necessitam de uma análise 3D para direcionar a tomada de decisão mais complexa (Bornstein et al., 2014, 2017; Carter et al., 2016; Jacobs et al., 2018).

Para conduzir o uso adequado dos exames 3D, a Academia Americana de Radiologia Oral e Maxilofacial (AAOMR) preconiza que as radiografias intraorais e a radiografia panorâmica, devam ser os exames de imagem para o planejamento inicial em implantodontia, considerando que imagens 3D também podem ser utilizadas no planejamento pré-operatório (Tyndall et al., 2012). A Associação Europeia para Osseointegração (EAO) especifica que o uso das imagens de

tomografia devam ser condicionados, quando necessário, e dentro certas especificações como por exemplo quando os exames 2D não conseguiram demonstrar informações relevantes da anatomia, espessura óssea, angulação adequada da região, sendo assim a 3D é indicada para planejamento assistido e produção de guias cirúrgicas, otimização dos resultados biomecânicos, funcionais e estéticos considerando um posicionamento mais assertivo fornecido pela tecnologia (Harris et al., 2012), embora com estas recomendações, é importante ressaltar que cabe ao profissional avaliar caso a caso as indicações dos exames de TCFC, levando em consideração a otimização da dose e correta interpretação das imagens. É necessário o conhecimento acerca de variações viáveis considerando os fatores de exposição e otimização da dose de radiação X e também reconhecer limitações. Alguns parâmetros ao serem modificados podem gerar piora na qualidade diagnóstica e/ou maior dose ao paciente (Katsumata et al., 2009; Pauwels et al., 2016). A exemplo, voxels menores fornecem uma melhor resolução, mas também há o aumento do ruído caso a corrente do tubo não seja aumentada, e se esta for aumentada o paciente recebera maior dose (Spin-Neto et al., 2013). O aumento da dose de radiação deve estar ligado a melhora real da qualidade diagnóstica, deve ser personalizado caso a caso observando-se a indicação clínica e o tipo de paciente que estará exposto, devendo sempre a dose de radiação X ser tão baixa quanto possível for para obter a imagem diagnóstica aceitável (Oenning et al., 2021).

Ao falarmos sobre a imagem, sabemos que características do sistema de TCFC, densidade do objeto, protocolo de aquisição, algoritmo, são alguns fatores que influenciam na sua aquisição e reconstrução. O voxel, presente na matriz, irá representar de forma numérica, o valor de cinza correspondente ao grau de atenuação linear dos fótons que chegaram ao receptor de imagem, após serem filtrados pelo objeto de estudo na região de interesse, e após sofrerem a influência de todos esses fatores podendo apresentar uma grande variabilidade de valores (Pauwels et al., 2013; Pauwels et al., 2015) com uma imagem final que muitas vezes não possui informações suficientes para auxiliar o diagnóstico em certas condições. Sendo assim, mesmo diante das progressões atuais em TCFC, e a possibilidade de obter imagens de alta resolução (Gaêta-Araujo et al., 2020) existem limitações da técnica. Fatores, que durante a aquisição da imagem, interagem e podem influenciar

na formação dos artefatos que são expressos em diversos graus. (Pauwels et al., 2015; Scarfe, Farman, 2008; Scarf et al., 2010; Schulze et al., 2011).

Existem vários tipos e causas para a formação dos artefatos (Schulze et al., 2011). Uma ampla gama de materiais em odontologia (implantes dentários, aparatologia ortodôntica, obturadores endodônticos), tidos como de alta densidade e alto número atômico, com ênfase em materiais metálicos, podem participar na formação dos artefatos (Draenert et al., 2007; Fontenele et al., 2018; Schulze et al., 2011). A imagem reconstruída pode apresentar defeitos como bandas e estrias hipo e hiperdensas na área de interesse que não correspondem ao objeto real. (Bezerra et al., 2015; Schulze et al., 2011). Artefatos de extinção (extinction artefacts), artefatos de endurecimento do feixe (beam-hardening), efeito de volume parcial (EEGE), artefatos de anel (ring artefacts), de movimento, além do ruído e também a dispersão são responsáveis por produzir um devido grau de deterioração na imagem (Schulze et al., 2011). Neste sentido, estas interferências declinam a qualidade da imagem, podendo levar a interpretações imprecisas ou equivocadas (Gamba et al., 2014; Jaju et al., 2013). Os implantes são constituídos de materiais de alta densidade, alto número atômico, que interagem durante a aquisição da imagem de TCFC gerando artefatos (Sancho-Puchades et al., 2015; Vasconcelos et al., 2017). Estes artefatos podem impactar negativamente na avaliação da região de interesse contendo implante (de-Azevedo-Vaz et al., 2013; Vanderstuyft et al., 2019).

Estudos das imagens de TCFC de diversas condições clínicas acerca da influência dos artefatos no diagnóstico (de Rezende Barbosa et al., 2016; Mauad et al., 2020), localização anatômica (Machado et al., 2018; Oliveira et al., 2014), estudos explorando a alternância dos parâmetros de aquisição (Codari et al., 2017; Freitas et al., 2018; Pauwels et al., 2012; Scarfe et al., 2012), e comparativo entre sistemas de TCFC (Codari et al., 2017; Spin-Neto et al., 2014) entre muitos outros, estão presentes na literatura buscando caminhos para minimizar os diversos efeitos dos artefatos e sugerir melhoria.

Na busca de oportunidades ligadas a esta melhoria, em alguns sistemas de TCFC, existe a possibilidade da ativação dos algoritmos de redução de artefato metálico (MAR) que variam de acordo com o fabricante, podendo ser acionados antes da aquisição da imagem ou mesmo depois. Estes parecem contribuir para a redução do ruído da imagem (Bechara et al., 2012a), em alguns estudos

encontramos controvérsia, quanto a capacidade de auxiliar o diagnóstico clínico (Bechara et al., 2012b; Bezerra et al., 2015; de-Rezende-Barbosa et al., 2016; Kamburoglu et al., 2013; Sheikhi et al., 2020) assim sua indicação e eficácia ainda não demonstram nível suficiente de evidência.

Estudos recentes demonstram o potencial da TCFC como exame diagnóstico da região óssea peri-implantar (de-Azevedo-Vaz et al., 2013; Kamburoglu et al., 2013; Schriber et al., 2020), porém ainda pouco verificados em situações mais rotineiras, como de pequenos defeitos, que seria uma possível realidade clínica, estes são necessários, principalmente considerando obter diagnósticos precoces que aumentam a predição de sucesso dos tratamentos e por vezes modificam a direção das terapias. Exames intraorais, bidimensionais (2D), não possuem informações completas de algumas regiões a respeito das estruturas que se apresentarem sobrepostas (Lang, Berglundh, 2011; Lindhe, Meyle, 2008; Sanz, Chapple, 2012), permanecem como técnica importante, mas apenas a porção proximal do osso exibe visibilidade, assim existe a necessidade de se explorar avanços da qualidade da imagem 3D (em TCFC) para que seja viável fornecer um alto potencial diagnóstico, mais completo e quando necessário guiar o planejamento adequado e estratégias cirúrgicas destas condições, impactando em melhores resultados para o profissional e paciente.

Quando observamos complicações como a peri-implantite, que leva a perda óssea, de forma progressiva, ao redor do implante, situação em que o exame clínico pode por vezes não ser conclusivo, existe a necessidade de um excelente exame de imagem, associado a este exame clínico detalhado. Então, pensando em se antecipar ao problema, olhamos a perda óssea da região periodontal. Esta perda óssea pode ser observada como parte do conjunto de indicativos, de que o indivíduo estaria susceptível a desenvolver a peri-implantite (Derks et al., 2016; Heitz-Mayfield et al., 2020; Kordbacheh Changi et al., 2019). Assim por estar categorizada dentre os fatores de risco, é extremamente relevante ressaltar que a avaliação da altura óssea é realizada em um exame intraoral 2D, do tipo bitewing, ou com a técnica do cone longo/paralelismo (Updegrave et al., 1981), onde são avaliadas estruturas 3D, na presença de sobreposições, e na realidade, com informações incompletas. Portanto, em se tratando de extensão do osso nas porções lingual e vestibular, seria limitado e até falho alguma afirmativa nestas condições. Apesar da excelente

qualidade do exame 2D, é necessário a atenção de que existem sim limitações próprias. Considerando a doença já instalada, a literatura sugere que de acordo com a configuração do defeito da região periimplantar (lesão de peri-implantite) encontrado pode existir um devido reflexo para o resultado da terapia aplicada (Schwarz et al., 2018), assim, algum melhoramento acerca de imagens de TCFC poderia adicionar benefícios, em tais condições, com melhor direcionamento do tratamento e prognóstico mais claro visto que fica evidenciado a correlação entre visualização da configuração do defeito, decisão da conduta de tratamento e possível resultado esperado.

Geralmente, em imagens de TCFC da região peri-implantar, o artefato já está integrado ao volume a ser analisado, e mesmo antes da aquisição diante alguma otimização do protocolo (de aquisição), ele ainda estará presente em maior ou menor grau de interferência, então, considerando novas tecnologias a serem investigadas, e pensando nesta lacuna da necessidades de melhor avaliação tridimensional da região peri-implantar, temos a possibilidade de verificar o uso dos filtros de realce de imagem, estes são aplicados no pós processamento, e parecem ajustar, reduzindo o ruído e também aumentando a nitidez, fornecendo uma versão melhorada da imagem original, uma tentativa, alternativa, para obtermos imagens com algum beneficiamento no pós processamento. Alguns softwares para manipulação das imagens de TCFC na prática da interpretação disponibilizam estes filtros de realce (Bueno et al., 2018; Estrela et al., 2018), como é de extrema relevância obter mais e melhores informações acerca da região de interesse analisada, guiando os profissionais nos próximos passos do tratamento, buscamos estudos a respeito da efetividade desta ferramenta de modo objetivo, em especial na região peri-implantar, e não são frequentes na literatura.

Nesta perspectiva, com o intuito de investigar a melhoria na qualidade da imagem 3D (de TCFC) da região peri-implantar, este estudo, teve como proposito verificar de forma objetiva, através da quantificação de artefatos, nas imagens com e sem a aplicação de alguns filtros de realce disponíveis na prática clínica por dois softwares, um nacional, e-Vol DX (e-Vol DX, CDT, Brasil) e um Sul Coreano, Ondemand3D® (CyberMed, Seoul, Republic of Korea) quanto a efetividade, comparando o desempenho entre eles, e investigando o protocolo de aquisição, dentre os estudados, que consiga contribuir nestas condições.

6 CONCLUSÃO

Considerando as variáveis abordadas, os implantes de titânio apresentaram menores valores que aqueles de dióxido de zircônio. O filtro BAR 1 (*software* e-Vol DX) aliado a implantes de Titânio, instalados em região de molar apresentaram o melhor desempenho na redução da quantificação de artefatos de implantes dentários, independentemente do tamanho do voxel e posição do *phantom* no FOV. Adicionalmente, os filtros abordados do *software* OnDemand3D não apresentaram um desempenho significativo para a redução da quantificação de artefatos, quando comparados às imagens sem filtro.

REFERÊNCIAS*

Baltacıoğlu İH, Eren H, Yavuz Y, Kamburoğlu K. Diagnostic accuracy of different display types in detection of recurrent caries under restorations by using CBCT. *Dentomaxillofac Radiol.* 2016;45(6):20160099. doi: 10.1259/dmfr.20160099. Epub 2016 Jul 4. PMID: 27319604; PMCID: PMC5124775.

Bayat S, Talaeipour AR, Sarlati F. Detection of simulated periodontal defects using cone-beam CT and digital intraoral radiography. *Dentomaxillofac Radiol.* 2016 Jul;45(6):20160030. doi: 10.1259/dmfr.20160030. Epub 2016 May 18. PMID: 27115722; PMCID: PMC5124771.

Bechara B, McMahan CA, Moore WS, Noujeim M, Geha H. Contrast-to-noise ratio with different large volumes in a cone-beam computerized tomography machine: an in vitro study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2012 Nov;114(5):658-65. doi: 10.1016/j.oooo.2012.08.436. PMID: 23083479.

Bechara B, McMahan CA, Geha H, Noujeim M. Evaluation of a cone beam CT artefact reduction algorithm. *Dentomaxillofac Radiol.* 2012a Jul;41(5):422-8. doi: 10.1259/dmfr/43691321. Epub 2012 Feb 23. PMID: 22362221; PMCID: PMC3520356.

Bechara BB, Moore WS, McMahan CA, Noujeim M. Metal artefact reduction with cone beam CT: an in vitro study. *Dentomaxillofac Radiol.* 2012b Mar;41(3):248-53. doi: 10.1259/dmfr/80899839. Epub 2012b Jan 12. PMID: 22241878; PMCID: PMC3520287.

Bechara B, Alex McMahan C, Moore WS, Noujeim M, Teixeira FB, Geha H. Cone beam CT scans with and without artefact reduction in root fracture detection of endodontically treated teeth. *Dentomaxillofac Radiol.* 2013;42(5):20120245. doi: 10.1259/dmfr.20120245. Epub 2013 Mar 21. PMID: 23520395; PMCID: PMC3635776.

Bezerra IS, Neves FS, Vasconcelos TV, Ambrosano GM, Freitas DQ. Influence of the artefact reduction algorithm of Picasso Trio CBCT system on the diagnosis of vertical root fractures in teeth with metal posts. *Dentomaxillofac Radiol.* 2015;44(6):20140428. doi: 10.1259/dmfr.20140428. Epub 2015 Mar 12. PMID: 25764360; PMCID: PMC4628402.

Bornstein MM, Horner K, Jacobs R. Use of cone beam computed tomography in implant dentistry: current concepts, indications and limitations for clinical practice and research. *Periodontol 2000.* 2017 Feb;73(1):51-72. doi: 10.1111/prd.12161. PMID: 28000270.

* Baseado em: International Committee of Medical Journal Editors Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical journals: Sample References [Internet]. Bethesda: US NLM; c2003 [cited 2019 Jan 20]. U.S. National Library of Medicine; [about 6 p.]. Available from: http://www.nlm.nih.gov/bsd/uniform_requirements.html

- Bornstein MM, Scarfe WC, Vaughn VM, Jacobs R. Cone beam computed tomography in implant dentistry: a systematic review focusing on guidelines, indications, and radiation dose risks. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2014;29 Suppl:55-77. doi: 10.11607/jomi.2014suppl.g1.4. PMID: 24660190.
- Bornstein MM, Brügger OE, Janner SF, Kuchler U, Chappuis V, Jacobs R, et al. Indications and frequency for the use of cone beam computed tomography for implant treatment planning in a specialty clinic. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2015 Sep-Oct;30(5):1076-83. doi: 10.11607/jomi.4081. PMID: 26394344.
- Bueno MR, Estrela C, Azevedo BC, Diogenes A. Development of a new cone-beam computed tomography software for endodontic diagnosis. *Braz Dent J*. 2018 Nov-Dec;29(6):517-29. doi: 10.1590/0103-6440201802455. PMID: 30517473.
- Candemil AP, Salmon B, Freitas DQ, Haiter-Neto F, Oliveira ML. Distribution of metal artifacts arising from the exomass in small field-of-view cone beam computed tomography scans. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. 2020 Jul;130(1):116-125. doi: 10.1016/j.oooo.2020.01.002. Epub 2020 Feb 11. PMID: 32057753.
- Carter JB, Stone JD, Clark RS, Mercer JE. Applications of Cone-beam computed tomography in oral and maxillofacial surgery: an overview of published indications and clinical usage in United States Academic Centers and oral and maxillofacial surgery practices. *J Oral Maxillofac Surg*. 2016 Apr;74(4):668-79. doi: 10.1016/j.joms.2015.10.018. Epub 2015 Nov 11. PMID: 26611374.
- Codari M, de Faria Vasconcelos K, Ferreira Pinheiro Nicolielo L, Haiter Neto F, Jacobs R. Quantitative evaluation of metal artifacts using different CBCT devices, high-density materials and field of views. *Clin Oral Implants Res*. 2017 Dec;28(12):1509-14. doi: 10.1111/clr.13019. Epub 2017 Apr 22. PMID: 28432698.
- de-Azevedo-Vaz SL, Vasconcelos Kde F, Neves FS, Melo SL, Campos PS, Haiter-Neto F. Detection of periimplant fenestration and dehiscence with the use of two scan modes and the smallest voxel sizes of a cone-beam computed tomography device. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. 2013 Jan;115(1):121-7. doi: 10.1016/j.oooo.2012.10.003. PMID: 23217543.
- de-Azevedo-Vaz SL, Peyneau PD, Ramirez-Sotelo LR, Vasconcelos Kde F, Campos PS, Haiter-Neto F. Efficacy of a cone beam computed tomography metal artifact reduction algorithm for the detection of peri-implant fenestrations and dehiscences. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. 2016 May;121(5):550-6. doi: 10.1016/j.oooo.2016.01.013. Epub 2016 Jan 28. PMID: 27068312.
- De Martin E Silva D, Campos CN, Pires Carvalho AC, Devito KL. Diagnosis of mesiodistal vertical root fractures in teeth with metal posts: influence of applying filters in cone-beam computed tomography images at different resolutions. *J Endod*. 2018 Mar;44(3):470-4. doi: 10.1016/j.joen.2017.08.030. Epub 2017 Nov 16. PMID: 29153985.

de Rezende Barbosa GL, Sousa Melo SL, Alencar PN, Nascimento MC, Almeida SM. Performance of an artefact reduction algorithm in the diagnosis of in vitro vertical root fracture in four different root filling conditions on CBCT images. *Int Endod J*. 2016 May;49(5):500-8. doi: 10.1111/iej.12477. Epub 2015 Jun 26. PMID: 26033046.

Derks J, Schaller D, Håkansson J, Wennström JL, Tomasi C, Berglundh T. Effectiveness of implant therapy analyzed in a swedish population: prevalence of peri-implantitis. *J Dent Res*. 2016 Jan;95(1):43-9. doi: 10.1177/0022034515608832. PMID: 26701919.

Draenert FG, Coppenrath E, Herzog P, Müller S, Mueller-Lisse UG. Beam hardening artefacts occur in dental implant scans with the NewTom cone beam CT but not with the dental 4-row multidetector CT. *Dentomaxillofac Radiol*. 2007 May;36(4):198-203. doi: 10.1259/dmfr/32579161. PMID: 17536086.

Estrela C, Couto GS, Bueno MR, Bueno KG, Estrela LRA, Porto OCL, et al. Apical foramen position in relation to proximal root surfaces of human permanent teeth determined by using a New Cone-beam Computed Tomographic Software. *J Endod*. 2018 Nov;44(11):1741-8. doi: 10.1016/j.joen.2018.07.028. Epub 2018 Sep 25. PMID: 30266469.

Fontenele RC, Nascimento EH, Vasconcelos TV, Noujeim M, Freitas DQ. Magnitude of cone beam CT image artifacts related to zirconium and titanium implants: impact on image quality. *Dentomaxillofac Radiol*. 2018 Jul;47(6):20180021. doi: 10.1259/dmfr.20180021. Epub 2018 May 10. PMID: 29668300; PMCID: PMC6196050.

Freitas DQ, Fontenele RC, Nascimento EHL, Vasconcelos TV, Noujeim M. Influence of acquisition parameters on the magnitude of cone beam computed tomography artifacts. *Dentomaxillofac Radiol*. 2018 Dec;47(8):20180151. doi: 10.1259/dmfr.20180151. Epub 2018 Jun 27. PMID: 29916722; PMCID: PMC6326394.

Gaêta-Araujo H, Alzoubi T, Vasconcelos KF, Orhan K, Pauwels R, Casselman JW, et al. Cone beam computed tomography in dentomaxillofacial radiology: a two-decade overview. *Dentomaxillofac Radiol*. 2020 Dec;49(8):20200145. doi: 10.1259/dmfr.20200145. Epub 2020 Jun 15. PMID: 32501720; PMCID: PMC7719864.

Gamba TO, Oliveira ML, Flores IL, Cruz AD, Almeida SM, Haiter-Neto F, et al. Influence of cone-beam computed tomography image artifacts on the determination of dental arch measurements. *Angle Orthod*. 2014 Mar;84(2):274-8. doi: 10.2319/040313-255.1. Epub 2013 Aug 7. PMID: 23924404

Harris D, Buser D, Dula K, Grondahl K, Haris D, Jacobs R, et al. E.A.O. guidelines for the use of diagnostic imaging in implant dentistry. A consensus workshop organized by the European Association for Osseointegration in Trinity College Dublin. *Clin Oral Implants Res*. 2002 Oct;13(5):566-70. doi: 10.1034/j.1600-0501.2002.130518.x. PMID: 12674118

Harris D, Horner K, Gröndahl K, Jacobs R, Helmrot E, Benic GI, et al. E.A.O. guidelines for the use of diagnostic imaging in implant dentistry 2011. A consensus workshop organized by the European Association for Osseointegration at the Medical University of Warsaw. *Clin Oral Implants Res.* 2012 Nov;23(11):1243-53. doi: 10.1111/j.1600-0501.2012.02441.x. Epub 2012 Mar 21. PMID: 22432473.

Heitz-Mayfield LJA, Heitz F, Lang NP. Implant Disease Risk Assessment IDRA-a tool for preventing peri-implant disease. *Clin Oral Implants Res.* 2020 Apr;31(4):397-403. doi: 10.1111/clr.13585. Epub 2020 Feb 20. PMID: 32003037.

Jacobs R, Salmon B, Codari M, Hassan B, Bornstein MM. Cone beam computed tomography in implant dentistry: recommendations for clinical use. *BMC Oral Health.* 2018 May 15;18(1):88. doi: 10.1186/s12903-018-0523-5. PMID: 29764458; PMCID: PMC5952365.

Jaju PP, Jain M, Singh A, Gupta A. Artefacts in cone beam CT. *Open J Stomatol* 2013 Ago;03(05):292–7. doi: <https://doi.org/10.4236/ojst.2013.35049>.

Kamburoglu K, Kolsuz E, Murat S, Eren H, Yüksel S, Paksoy CS. 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. *Dentomaxillofac Radiol.* 2013;42(8):20130176. doi: 10.1259/dmfr.20130176. PMID: 23956236; PMCID: PMC3922259.

Katsumata A, Hirukawa A, Okumura S, Naitoh M, Fujishita M, Ariji E, et al. Relationship between density variability and imaging volume size in cone-beam computerized tomographic scanning of the maxillofacial region: an in vitro study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009 Mar;107(3):420-5. doi: 10.1016/j.tripleo.2008.05.049. Epub 2008 Aug 20. PMID: 18715805.

Kordbacheh Changi K, Finkelstein J, Papapanou PN. Peri-implantitis prevalence, incidence rate, and risk factors: A study of electronic health records at a U.S. dental school. *Clin Oral Implants Res.* 2019 Apr;30(4):306-14. doi: 10.1111/clr.13416. Epub 2019 Mar 10. PMID: 30768875.

Kurt MH, Bağış N, Evli C, Atakan C, Orhan K. Comparison of the different voxel sizes in the estimation of peri-implant fenestration defects using cone beam computed tomography: an ex vivo study. *Int J Implant Dent.* 2020 Oct 2;6(1):58. doi: 10.1186/s40729-020-00254-2. PMID: 33006000; PMCID: PMC7530157.

Lang NP, Berglundh T. Working Group 4 of Seventh European Workshop on Periodontology. Periimplant diseases: where are we now?--Consensus of the Seventh European Workshop on Periodontology. *J Clin Periodontol.* 2011 Mar;38 Suppl 11:178-81. doi: 10.1111/j.1600-051X.2010.01674.x. PMID: 21323713.

Lindhe J, Meyle J. Group D of European Workshop on Periodontology. Peri-implant diseases: Consensus Report of the Sixth European Workshop on Periodontology. *J*

Clin Periodontol. 2008 Sep;35(8 Suppl):282-5. doi: 10.1111/j.1600-051X.2008.01283.x. PMID: 18724855.

Machado AH, Fardim KAC, de Souza CF, Sotto-Maior BS, Assis NMSP, Devito KL. Effect of anatomical region on the formation of metal artefacts produced by dental implants in cone beam computed tomographic images. *Dentomaxillofac Radiol*. 2018 Feb;47(3):20170281.

Mauad LQ, Doriguêto PVT, Almeida D, Fardim KAC, Machado AH, Devito KL. Quantitative assessment of artefacts and identification of gaps in prosthetic crowns: a comparative in vitro study between periapical radiography and CBCT images. *Dentomaxillofac Radiol*. 2021 Mar 1;50(3):20200134. doi: 10.1259/dmfr.20200134. Epub 2020 Sep 17. PMID: 32941742; PMCID: PMC7923067.

Neves FS, Freitas DQ, Campos PSF, Ekestubbe A, Lofthag-hansen S. Evaluation of cone-beam computed tomography in the diagnosis of vertical root fractures: the influence of imaging modes and root canal materials. *J Endod*. 2014;40:1530-6.

Oenning AC, Jacobs R, Pauwels R, Stratis A, Hedesiu M, Salmon B; DIMITRA Research Group, <http://www.dimitra.be>. Cone-beam CT in paediatric dentistry: DIMITRA project position statement. *Pediatr Radiol*. 2018 Mar;48(3):308-16. doi: 10.1007/s00247-017-4012-9.

Oenning AC, Jacobs R, Salmon B; DIMITRA Research Group (<http://www.dimitra.be>). ALADAIP, beyond ALARA and towards personalized optimization for paediatric cone-beam CT. *Int J Paediatr Dent*. 2021 Sep;31(5):676-8. doi: 10.1111/ipd.12797. Epub 2021 May 20. PMID: 33844356.

Parsa A, Ibrahim N, Hassan B, Syriopoulos K, van der Stelt P. Assessment of metal artefact reduction around dental titanium implants in cone beam CT. *Dentomaxillofac Radiol*. 2014;43(7):20140019. doi: 10.1259/dmfr.20140019. Epub 2014 Aug 19. PMID: 25135316; PMCID: PMC4170846.

Pauwels R, Beinsberger J, Stamatakis H, Tsiklakis K, Walker A, Bosmans H, et al. Comparison of spatial and contrast resolution for cone-beam computed tomography scanners. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. 2012 Jul;114(1):127-35. doi: 10.1016/j.oooo.2012.01.020. Epub 2012 May 15. PMID: 22727102.

Pauwels R, Stamatakis H, Bosmans H, Bogaerts R, Jacobs R, Horner K, et al. SEDENTEXCT Project Consortium. Quantification of metal artifacts on cone beam computed tomography images. *Clin Oral Implants Res*. 2013 Aug;24 Suppl A100:94-9. doi: 10.1111/j.1600-0501.2011.02382.x. Epub 2011 Dec 15. PMID: 22168574.

Pauwels R, Araki K, Siewerdsen JH, Thongvigitmanee SS. Technical aspects of dental CBCT: state of the art. *Dentomaxillofac Radiol*. 2015;44(1):20140224. doi: 10.1259/dmfr.20140224. PMID: 25263643; PMCID: PMC4277439.

Pauwels R, Jacobs R, Bogaerts R, Bosmans H, Panmekiate S. Reduction of scatter-induced image noise in cone beam computed tomography: effect of field of view size and position. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. 2016 Feb;121(2):188-95. doi: 10.1016/j.oooo.2015.10.017. Epub 2015 Oct 20. PMID: 26792756.

Panjnoush M, Kheirandish Y, Kashani PM, Fakhar HB, Younesi F, Mallahi M. Effect of exposure parameters on metal artifacts in cone beam computed tomography. *J Dent (Tehran)*. 2016 Jun;13(3):143-150. PMID: 28392810; PMCID: PMC5376540

Sancho-Puchades M, Hämmerle CH, Benic GI. In vitro assessment of artifacts induced by titanium, titanium-zirconium and zirconium dioxide implants in cone-beam computed tomography. *Clin Oral Implants Res*. 2015 Oct;26(10):1222-8. doi: 10.1111/clr.12438. Epub 2014 Jul 8. PMID: 25040484.

Sanz M, Chapple IL; Working Group 4 of the VIII European Workshop on Periodontology. Clinical research on peri-implant diseases: consensus report of Working Group 4. *J Clin Periodontol*. 2012 Feb;39 Suppl 12:202-6. doi: 10.1111/j.1600-051X.2011.01837.x. PMID: 22533957.

Scarfe WC, Farman AG, Sukovic P. Clinical applications of cone-beam computed tomography in dental practice. *J Can Dent Assoc*. 2006 Feb;72(1):75-80. PMID: 16480609.

Scarfe WC, Farman AG. What is cone-beam CT and how does it work? *Dent Clin North Am*. 2008 Oct;52(4):707-30, v. doi: 10.1016/j.cden.2008.05.005. PMID: 18805225.

Scarfe WC, Farman AG, Levin MD, Gane D. Essentials of maxillofacial cone beam computed tomography. *Alpha Omegan*. 2010 Jun;103(2):62-7. doi: 10.1016/j.aodf.2010.04.001. PMID: 20645632.

Scarfe WC, Li Z, Aboelmaaty W, Scott SA, Farman AG. Maxillofacial cone beam computed tomography: essence, elements and steps to interpretation. *Aust Dent J*. 2012 Mar;57 Suppl 1:46-60. doi: 10.1111/j.1834-7819.2011.01657.x. PMID: 22376097.

Sheikhi M, Behfarnia P, Mostajabi M, Nasri N. The efficacy of metal artifact reduction (MAR) algorithm in cone-beam computed tomography on the diagnostic accuracy of fenestration and dehiscence around dental implants. *J Periodontol*. 2020 Feb;91(2):209-14. doi: 10.1002/JPER.18-0433. Epub 2019 Aug 28. PMID: 31364765.

Schulze R, Heil U, Gross D, Bruellmann DD, Dranischnikow E, Schwanecke U, et al. Artefacts in CBCT: a review. *Dentomaxillofac Radiol*. 2011 Jul;40(5):265-73. doi: 10.1259/dmfr/30642039. PMID: 21697151; PMCID: PMC3520262.

Schriber M, Yeung AWK, Suter VGA, Buser D, Leung YY, Bornstein MM. Cone beam computed tomography artefacts around dental implants with different materials

influencing the detection of peri-implant bone defects. *Clin Oral Implants Res.* 2020 Jul;31(7):595-606. doi: 10.1111/clr.13596. Epub 2020 Mar 23. PMID: 32147872.

Schropp L, Alyass NS, Wenzel A, Stavropoulos A. Validity of wax and acrylic as soft-tissue simulation materials used in in vitro radiographic studies. *Dentomaxillofac Radiol.* 2012 Dec;41(8):686-90. doi: 10.1259/dmfr/33467269. Epub 2012 Aug 29. PMID: 22933536; PMCID: PMC3528195.

Schwarz F, Sahm N, Schwarz K, Becker J. Impact of defect configuration on the clinical outcome following surgical regenerative therapy of peri-implantitis. *J Clin Periodontol.* 2010 May;37(5):449-55. doi: 10.1111/j.1600-051X.2010.01540.x. Epub 2010 Mar 24. PMID: 20374416.

Smeets R, Schöllchen M, Gauer T, Aarabi G, Assaf AT, Rendenbach C, et al. Artefacts in multimodal imaging of titanium, zirconium and binary titanium-zirconium alloy dental implants: an in vitro study. *Dentomaxillofac Radiol.* 2017 Feb;46(2):20160267. doi: 10.1259/dmfr.20160267. Epub 2016 Dec 2. PMID: 27910719; PMCID: PMC5595012.

Spin-Neto R, Mudrak J, Matzen LH, Christensen J, Gotfredsen E, Wenzel A. Cone beam CT image artefacts related to head motion simulated by a robot skull: visual characteristics and impact on image quality. *Dentomaxillofac Radiol.* 2013;42(2):32310645. doi: 10.1259/dmfr/32310645. Epub 2012 Jul 27. PMID: 22842641; PMCID: PMC3699011.

Spin-Neto R, Gotfredsen E, Wenzel A. Variation in voxel value distribution and effect of time between exposures in six CBCT units. *Dentomaxillofac Radiol.* 2014;43(4):20130376. doi: 10.1259/dmfr.20130376. Epub 2014 Feb 3. PMID: 24678846; PMCID: PMC4082261.

Tyndall DA, Price JB, Tetradis S, Ganz SD, Hildebolt C, Scarfe WC, et al. 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 Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2012 Jun;113(6):817-26. doi: 10.1016/j.oooo.2012.03.005. PMID: 22668710.

Updegrave WJ. Right angle dental radiography described, simplified, and standardized (part I). *Compend Contin Educ Dent.* 1981 Nov-Dec;2(6):379-84. PMID: 6950872.

Valizadeh S, Vasegh Z, Rezapanah S, Safi Y, Khaeazifard MJ. Effect of object position in cone beam computed tomography field of view for detection of root fractures in teeth with intra-canal posts. *Iran J Radiol.* 2015 Oct 26;12(4):e25272. doi: 10.5812/iranjradiol.25272. PMID: 26793289; PMCID: PMC4711188.

Vasconcelos TV, Bechara BB, McMahan CA, Freitas DQ, Noujeim M. Evaluation of artifacts generated by zirconium implants in cone-beam computed tomography images. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. 2017 Feb;123(2):265-72. doi: 10.1016/j.oooo.2016.10.021. Epub 2016 Nov 1. PMID: 28086998.

Vasconcelos KF, Codari M, Queiroz PM, Nicolielo LFP, Freitas DQ, Sforza C, et al. The performance of metal artifact reduction algorithms in cone beam computed tomography images considering the effects of materials, metal positions, and fields of view. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. 2019a Jan;127(1):71-6. doi: 10.1016/j.oooo.2018.09.004. Epub 2018 Sep 26. PMID: 30528550.

Vasconcelos TV, Leandro Nascimento EH, Bechara BB, Freitas DQ, Noujeim M. Influence of cone beam computed tomography settings on implant artifact production: zirconia and titanium. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2019b Sep/Oct;34(5):1114-20. doi: 10.11607/jomi.7129. PMID: 31528863

Vanderstuyft T, Tarce M, Sanaan B, Jacobs R, de Faria Vasconcelos K, Quirynen M. Inaccuracy of buccal bone thickness estimation on cone-beam CT due to implant blooming: An ex-vivo study. *J Clin Periodontol*. 2019 Nov;46(11):1134-43. doi: 10.1111/jcpe.13183. Epub 2019 Sep 9. PMID: 31446644.