



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA

IVANA VITULLI

Influência de artefatos relacionados a implantes de titânio e zircônia no estudo da arquitetura óssea trabecular em tomografia computadorizada de feixe cônico com diferentes protocolos

Influence of artifacts related to titanium and zirconium implants in the study of trabecular bone architecture in cone-beam computed tomography with different protocols

Piracicaba

2022

IVANA VITULLI

Influência de artefatos relacionados a implantes de titânio e zircônia no estudo da arquitetura óssea trabecular em tomografia computadorizada de feixe cônico com diferentes protocolos

Influence of artifacts related to titanium and zirconium implants in the study of trabecular bone architecture in cone-beam computed tomography with different protocols

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia de Piracicaba da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Mestra em Radiologia Odontológica, na Área de Radiologia Odontológica.

Dissertation presented to the Piracicaba Dental School of the University of Campinas in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master in Dental Radiology, in the area of Dental Radiology.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Deborah Queiroz de Freitas França

Este exemplar corresponde à versão final da dissertação defendida por Ivana Vitulli e orientada pela Profa. Dra. Deborah Queiroz de Freitas França.

Piracicaba

2022

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Faculdade de Odontologia de Piracicaba
Marilene Girello - CRB 8/6159

V836i Vitulli, Ivana, 1984-
Influência de artefatos relacionados a implantes de titânio e zircônia no estudo da arquitetura óssea trabecular em tomografia computadorizada de feixe cônico com diferentes protocolos / Ivana Vitulli. – Piracicaba, SP : [s.n.], 2022.

Orientador: Deborah Queiroz de Freitas França.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba.

1. Artefatos. 2. Implantes dentários. 3. Osso esponjoso. 4. Tomografia computadorizada de feixe cônico. I. Freitas, Deborah Queiroz de, 1977-. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Odontologia de Piracicaba. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Influence of artifacts related to titanium and zirconium implants in the study of trabecular bone architecture in cone-beam computed tomography with different protocols

Palavras-chave em inglês:

Artifacts
Dental implants
Cancellous bone
Cone-beam computed tomography

Área de concentração: Radiologia Odontológica

Titulação: Mestra em Radiologia Odontológica

Banca examinadora:

Deborah Queiroz de Freitas França [Orientador]
Matheus Lima de Oliveira
Polyane Mazucatto Queiroz

Data de defesa: 24-02-2022

Programa de Pós-Graduação: Radiologia Odontológica

Identificação e informações acadêmicas do(a) aluno(a)

- ORCID do autor: <https://orcid.org/0000-0003-3659-2266>
- Currículo Lattes do autor: <http://lattes.cnpq.br/7138372529779479>



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Faculdade de Odontologia de Piracicaba

A Comissão Julgadora dos trabalhos de Defesa de Dissertação de Mestrado, em sessão pública realizada em 24 de fevereiro de 2022, considerou a candidata IVANA VITULLI aprovada.

PROF^a. DR^a. DEBORAH QUEIROZ DE FREITAS FRANÇA

PROF. DR. MATHEUS LIMA DE OLIVEIRA

PROF^a. DR^a. POLYANE MAZUCATTO QUEIROZ

A Ata da defesa, assinada pelos membros da Comissão Examinadora, consta no SIGA/Sistema de Fluxo de Dissertação/Tese e na Secretaria do Programa da Unidade.

AGRADECIMENTOS

Nesta etapa especial do mestrado, foram muitas as pessoas que me acompanharam e, de alguma forma tornaram essa jornada mais bonita. Seja pelo apoio, conhecimento ou carinho proporcionado, de cada um deles aprendi um pouco mais. Através desses agradecimentos quero expressar meu profundo carinho e admiração por todos.

A minha família, sem a qual este momento não seria possível. A minha mãe, **María Cristina Veneranda** pelo amor e por estar incondicionalmente do meu lado, por me dar força de ir atrás dos meus sonhos e me fazer muito feliz sempre. A **Luis Abelardo Zeballos** pela alegria constante de viver além das dificuldades, a escuta e os valores transmitidos. A minha irmã, **Luisina Vitulli** pelo cuidado e por torcer pelas minhas conquistas. A minha madrinha, **María Elisa Otamendi** pela presença amorosa e constante em cada etapa da minha vida. A memória da minha avó, **María Mola** pela parceria, a simplicidade e os momentos compartilhados que sempre levarei comigo.

À **Faculdade de Odontologia de Piracicaba da Universidade Estadual de Campinas**, e seu diretor Prof. Dr. Francisco Haiter Neto, pela oportunidade de fazer parte de uma instituição de prestígio internacional.

À **Prof.^a Dr.^a Deborah Queiroz de Freitas França**, pela orientação durante este período, sua generosidade e disposição de compartilhar seus conhecimentos. Pelo exemplo de docência e qualidade humana. Fico muito honrada de ter sido sua aluna.

Ao **Prof. Dr. Matheus Lima de Oliveira**, pela motivação e preocupação constante, pela excelência e a capacidade de transmitir conhecimentos.

Ao **Prof. Dr. Francisco Haiter Neto**, pela capacidade de gestão na faculdade e na pós-graduação. Agradeço a experiência compartilhada em cada momento.

Aos funcionários do Departamento de Radiologia Odontológica: **José Fernando Souza Andrade e Waldeck Ribeiro Moreira**, pela ajuda e os conhecimentos transmitidos durante as práticas clínicas.

Aos meus colegas com quem eu tive a oportunidade de aprender. Levarei comigo o empenho, a determinação e alegria de fazer o que nos propomos.

À **Rocharles Cavalcante Fontenele**, minha gratidão pela generosidade de compartilhar seus conhecimentos e seu tempo além da distância. Sua ajuda para desenvolver esta pesquisa foi indispensável e seu apoio em cada momento foi de grande importância para mim.

Aos membros da banca de qualificação **Prof.^a Dr.^a Ana Isabel Ortega Villalobos, Prof.^a Dr.^a Laura Ricardina Ramírez Sotelo e a Prof.^a Dr.^a Eduarda Helena Leandro do Nascimento** pelo tempo dedicado e as considerações realizadas para melhorar o trabalho.

À minha família do coração, **Camila Garcia Medina, Jimena Patricia Lizana Rebolledo, Mónica Silu Piña D'Abreu, Florencia Ratero, Aida Sanchez Catalá**, com vocês a vida é maravilhosa.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Resumo

A produção de artefatos gerada pela presença de implantes dentários em exames de tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) ocorre devido à interação do feixe de raios X com materiais de alto número atômico e alta densidade, promovendo uma redução na qualidade de imagem. A arquitetura óssea trabecular é um fator que influencia o processo de cicatrização e osseointegração na superfície implante-osso; segundo a bibliografia analisada, não foram encontrados estudos que tenham analisado a influência da presença de artefatos na avaliação da mesma. Assim, neste estudo os objetivos foram avaliar a influência de artefatos relacionados a implantes de titânio e zircônia, da quilovoltagem-pico (kVp), e da ferramenta de redução de artefato (FRA) na avaliação quantitativa dos parâmetros morfométricos trabeculares em imagens de TCFC. As imagens de TCFC foram adquiridas no aparelho Picasso Trio 3D antes e após a inserção, em momentos diferentes, de um implante de titânio e outro de óxido de zircônio na região molar inferior direita, variando-se os valores de kVp (70, 80 e 90) e a condição da FRA: “com FRA” e “sem FRA”. Para a avaliação das imagens, foi selecionada de forma padronizada uma reconstrução axial e foram estabelecidas duas regiões de interesse (ROI) compreendendo osso trabecular, uma a mesial e uma a região distal da área do implante. De acordo com a posição de cada ROI, o volume de interesse (VOI) foi determinado usando a ferramenta de corte habilitada no software ImageJ/Fiji. Foram avaliados os seguintes parâmetros morfométricos trabeculares usando o plugin BoneJ: densidade de conectividade (Conn. Dn.), dimensão fractal (FD), fração de volume ósseo (BV / TV), densidade de superfície óssea (BS / TV), espessura trabecular (Tb. Th.) e espaçamento trabecular (Tb. Sp.). Foram analisados e comparados os valores de média e desvio padrão (DP) para cada parâmetro morfométrico trabecular utilizando-se à Análise de Variância (ANOVA multi-way) com teste post-hoc de Tukey para avaliar os efeitos dos fatores estudados (tipo de implante, nível de kVp e condição FRA); o nível de significância adotado foi de 5%. Para Conn. Dn. e FD, com FRA, o grupo zircônia apresentou valores significativamente menores do que os demais ($p < 0,05$). Para BV/TV, BS/TV, em geral, os grupos apresentaram valores significativamente diferentes; o grupo zircônia apresentou os maiores valores, seguido pelo titânio e sem implante. Para Tb. Th. e Tb. Sp., o grupo zircônia apresentou maiores valores que os demais grupos, que não diferiram entre si, independentemente da condição FRA ($p < 0,05$). A FRA aumentou os valores de BS/TV e Tb. Th. e diminuiu os de FD para o grupo zircônia. Em geral, o nível de kVp não influenciou os parâmetros morfométricos trabeculares. Em conclusão, a presença do implante de titânio influenciou a avaliação do BV/TV e do BS/TV. No entanto, o principal efeito foi

causado pela expressão dos artefactos gerados pelos implantes de zircônia. Nesses casos, a FRA diminuiu os valores FD e aumentou os valores BS/TV e Tb.Th., independentemente do nível de kVp.

Palavras-chave: artefatos; implante dentário; osso esponjoso; tomografia computadorizada de feixe cônico.

Abstract

The production of artifacts generated by dental implants in cone beam computed tomography (CBCT) scans occurs due to the interaction of X ray beam with high atomic number and density materials, promoting a reduction in image quality. Trabecular bone architecture is a factor that influences the healing and osseointegration process on the implant-bone surface; according to the analyzed bibliography, no studies were found that have analyzed the influence of the presence of artifacts in its evaluation. Thus, in this study the objectives were to evaluate the influence of artifacts related to titanium and zirconium implants, of kilovoltage (kVp) and metal artifact reduction (MAR) on trabecular bone architecture assessment through cone-beam CT (CBCT) images. The CBCT images were acquired in the Picasso Trio 3D device before and after the insertion, in the same cavity and at different times, of a titanium and a zirconium implant in the inferior right molar region, varying the kVp values (70, 80 and 90) and the MAR condition: “with MAR” and “without MAR”. For the evaluation of the images, an axial reconstruction was selected in a standardized way and two regions of interest (ROI) comprising trabecular bone were established, at the mesial and distal regions of the implant area. According to the position of each ROI, a volume of interest (VOI) was determined using the crop tool enabled in the ImageJ/Fiji software. The following trabecular morphometric parameters were evaluated using the BoneJ plugin: connectivity density (Conn. Dn.), Fractal dimension (FD), bone volume fraction (BV/TV), bone surface density (BS/TV), trabecular thickness (Tb. Th.) and trabecular spacing (Tb. Sp.). The mean and standard deviation (SD) values for each trabecular morphometric parameter were analyzed and compared using Analysis of Variance (multi-way ANOVA) with post-hoc Tukey test to evaluate the effects of the factors studied (type of implant, level kVp and MAR condition), the significance level adopted was 5%. For Conn. Dn. and FD, with MAR, the zirconium group showed significantly lower values than the others ($p < 0.05$). For BV/TV, BS/TV, in general, the groups showed significantly different values; the zirconium group presented the highest values, followed by titanium and without implant. For Tb. Th. and Tb. Sp., the zirconium group showed higher values than the other groups, which did not differ from each other, regardless of the MAR condition ($p < 0.05$). MAR increased BS/TV and Tb. Th. values and decreased FD values for the zirconium group. In general, the kVp level did not influence the trabecular morphometric parameters. In conclusion, the presence of the titanium implant influenced the assessment of BV/TV and BS/TV. However, the main effect was caused by the expression of artifacts generated by zirconium implants. In

these cases, the MAR decreased the FD values and increased the BS/TV and Tb.Th. values, regardless of the kVp level.

Keywords: artifacts; cancellous bone; cone-beam computed tomography; dental implant.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. ARTIGO: Influence of artifacts generated by titanium and zirconium implants in the study of trabecular bone architecture in cone-beam CT images with different protocols	15
3. CONCLUSÃO	35
REFERÊNCIAS*	36
APÊNDICE	40
ANEXOS	47
ANEXO 1- PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP	47
ANEXO 2 - LINKS DO CURRÍCULO LATTES E NÚMERO DO ORCID	50
ANEXO 3 - VERIFICAÇÃO DE ORIGINALIDADE E PREVENÇÃO DE PLÁGIO	51
ANEXO 4 - COMPROVANTE DE SUBMISSÃO DO ARTIGO	52

1. INTRODUÇÃO

A utilização de implantes osseointegráveis é um dos tratamentos utilizados na reabilitação de pacientes com edentulismo parcial ou total (Balshi et al., 2015). As vantagens que apresentam em relação a uma das suas alternativas de tratamento como as próteses parciais fixas dento-suportadas são: alta taxa de sucesso (acima de 97% por 10 anos), diminuição do risco de cáries, sensibilidade e problemas endodônticos nos dentes adjacentes e melhor manutenção do osso em local edêntulo (Gupta et al., 2021), sendo a implantologia uma parte indispensável da odontologia clínica atual (Alghamdi and Jansen, 2020).

A tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) é indicada, conforme as orientações da Academia Americana de Radiologia Oral e Maxilofacial por prover reconstruções transversais, como a modalidade de imagem de escolha pré-cirúrgica no diagnóstico e plano de tratamento com implantes (Tyndall et al., 2012). Atualmente essa avaliação óssea está restrita à obtenção de medidas dimensionais como altura, espessura e largura (Kosalagood et al., 2015), e uma análise visual da qualidade óssea (Lindh et al., 1996; Misch et al., 2005) nas regiões em que se deseja colocar implantes. Como a densidade óssea absoluta ou relativa não pode ser estimada em unidades Hounsfield na TCFC como é na tomografia computadorizada multidetector, outros métodos de análise estrutural associados à qualidade óssea podem ser avaliados na TCFC (Pauwels et al., 2015b).

A qualidade óssea é um parâmetro clínico associado à prevenção, diagnóstico e tratamento da osteoporose proposto pelo National Institutes of Health em 2000. Esse parâmetro é definido como a soma de todas as características ósseas que influenciam a resistência óssea à fratura que compreendem a arquitetura óssea, remodelação óssea, mineralização óssea e acúmulo de micro-danos (Conference, 2000). Assim como o parâmetro de densidade mineral óssea (DMO), a qualidade óssea é considerada um dos aspectos mais críticos capazes de influenciar a resistência óssea e, conseqüentemente, o sucesso da colocação do implante dentário. Portanto, a avaliação pré-cirúrgica do local do implante deve evoluir de uma abordagem puramente baseada na DMO para uma análise mais estrutural e assim escolher o protocolo cirúrgico adequado, evitando complicações e obtendo melhores resultados (Kuroshima et al., 2017).

O osso trabecular influencia o processo de osseointegração na superfície implante-osso, porque apresenta uma taxa de renovação óssea maior do que o osso cortical e tem contato direto com a maior parte da superfície do implante (Ibrahim et al., 2013b).

Vários procedimentos de análise estrutural têm sido utilizados para a avaliação quantitativa da arquitetura do osso trabecular. A microtomografia computadorizada (micro-CT) é considerada uma técnica não destrutiva e padrão-ouro na avaliação da qualidade do osso trabecular, uma vez que o diâmetro das trabéculas do osso maxilar e mandibular varia de aproximadamente 50-200 μm , e a micro-CT fornece imagens que podem atingir resoluções de até 0,5 μm (Dessel et al., 2017). No entanto, é restrito à avaliação de pequenos modelos de animais ou espécimes de biópsia humana devido ao seu campo de visão (FOV) limitado, o que é inadequado para fins clínicos. Porém, alguns estudos validaram a aplicação de imagens de TCFC para avaliar objetivamente a qualidade do osso humano por meio de parâmetros morfométricos empregando imagens de micro-CT como padrão-ouro (Van Dessel et al., 2013; Ibrahim et al., 2014b; Dessel et al., 2017).

Embora sejam inegáveis e amplamente conhecidas as vantagens da TCFC, a formação de artefatos ainda tem sido considerada uma das mais importantes desvantagens dessa modalidade de imagem, visto que há uma degradação na qualidade desta. Um artefato é definido como uma imagem visualizada nos dados reconstruídos que não representa o objeto real. A partir de materiais densos e de elevado número atômico (por exemplo, titânio ($Z = 22$) e zircônio ($Z = 40$), artefatos de endurecimento do feixe são formados nas imagens de TCFC devido à filtragem seletiva feita por esses materiais e, conseqüentemente, o feixe de raios X que atinge o detector de imagem possui uma maior energia promédio. Estes são vistos na reconstrução da imagem como estrias hipodensas e hiperdensas que podem impedir a avaliação correta do osso nas proximidades de materiais de alta densidade, como o osso peri-implantar (Schulze et al., 2011). Estudos recentes, mostraram que ajustes nas configurações de aquisição e reconstrução, como por exemplo, maior quilovoltagem-pico (kVp) (Freitas et al., 2018), maior corrente de tubo (mA) e ativação de uma ferramenta de redução de artefato metálico (FRA) (Mancini et al., 2021), e maior número de imagens de base (Nascimento et al., 2021), diminuíram objetivamente a expressão dos artefatos de endurecimento de feixe.

Estudos anteriores avaliaram a influência de diferentes fatores da TCFC, como kV, tamanho do voxel (Pauwels et al., 2015a), rotação do aparelho (180° ou 360°), tempo de

exposição (Ibrahim et al., 2013a), posição do objeto escaneado no FOV (Ibrahim et al., 2014a), e FRA (Nascimento et al., 2019) na avaliação da arquitetura do osso trabecular. Esses estudos concluíram que os parâmetros morfométricos trabeculares não são afetados pela kV se a dose de radiação for constante (Pauwels et al., 2015a), pelo tipo de rotação do aparelho (Ibrahim et al., 2014a), nem pelo tempo de exposição (Ibrahim et al., 2013), sendo que os mesmos são afetados pelo tamanho do voxel (Pauwels et al., 2015a), pela posição do objeto no FOV (Ibrahim et al., 2014a) e pela ativação da FRA (Nascimento et al., 2019). Em geral, a influência de tais fatores varia, pois esses causam um aumento nos valores de alguns parâmetros trabeculares ósseos avaliados e uma diminuição nos valores de outros parâmetros, não havendo uma tendência estabelecida até o momento.

No entanto, há uma falta de informações sobre a influência dos artefatos gerados por materiais de alta densidade (por exemplo, implantes dentários) na análise da arquitetura do osso trabecular. Além disso, de acordo com o nosso melhor conhecimento, ainda é desconhecida a influência das configurações de aquisição e reconstrução (por exemplo, kVp e FRA) nesta tarefa na presença de diferentes tipos de implantes dentários. A hipótese levantada é que a presença de implantes dentários na cavidade bucal do paciente pode influenciar a avaliação óssea de áreas próximas a serem reabilitadas com implantes, devido à expressão e magnitude dos artefatos de endurecimento do feixe. Outra hipótese é que fatores como aumento da kVp e ativação da FRA, que se mostraram eficazes em diminuir a magnitude de tais artefatos em estudos anteriores (Freitas et al., 2018; Mancini et al., 2021), poderiam contribuir positivamente na avaliação da arquitetura óssea trabecular em áreas vizinhas aos implantes.

Neste estudo os objetivos foram avaliar a influência de artefatos relacionados a implantes de titânio e zircônia, da quilovoltagem-pico (kVp), e da ferramenta de redução de artefato (FRA) na análise quantitativa dos parâmetros morfométricos trabeculares em imagens de TCFC. A hipótese nula era que o tipo de implante e as configurações de aquisição e reconstrução testadas não influenciariam a arquitetura do osso trabecular.

2. ARTIGO: Influence of artifacts generated by titanium and zirconium implants in the study of trabecular bone architecture in cone-beam CT images with different protocols

Influence of artifacts generated by titanium and zirconium implants in the study of trabecular bone architecture in cone-beam CT images with different protocols

Ivana Vitulli, DDS, MSc candidate; Rocharles Cavalcante Fontenele, DDS, MS; Deborah Queiroz Freitas DDS, MS, PhD

Department of Oral Diagnosis, Division of Oral Radiology, Piracicaba Dental School, University of Campinas, Piracicaba, SP, Brazil

Short title: Influence of implant artifacts in bone architecture in CBCT

Abstract

Objectives: To evaluate the influence of artifacts generated by titanium and zirconium implants on trabecular bone architecture assessment through cone-beam CT (CBCT). The influence of kilovoltage (kVp) and metal artifact reduction (MAR) in such analysis was also assessed.

Methods: CBCT scans were obtained with Picasso Trio with or without a titanium or zirconium implants in a posterior region of a mandible using 70, 80 or 90 kVp, with or without MAR. The other acquisition settings were constant: field of view 8 X 5 cm, voxel size 0.2 mm, 5 mA, 24s and 720 frames. Two volumes of interest (VOIs) were determined comprising trabecular bone mesial and distal to the implant area. The following morphometric parameters were measured: connectivity density (Conn. Dn.), fractal dimension (FD), bone volume fraction (BV/TV), bone surface density (BS/TV), trabecular thickness (Tb. Th.), and trabecular spacing (Tb. Sp.), and compared by multi-way ANOVA ($\alpha=0.05$).

Results: For Conn. Dn. and FD, with MAR, the zirconium group showed values significantly lower than the other groups ($p<0.05$). For BV/TV, BS/TV, Tb. Th. and Tb. Sp., the zirconium group showed the highest values, regardless of MAR condition ($p<0.05$). MAR increased BS/TV and Tb. Th. values, and decreased FD values for zirconium group. In general, the kVp level did not influence trabecular morphometric parameters.

Conclusion: The assessment of the trabecular bone architecture was mainly influenced by the expression of the artifacts generated by zirconium implants. MAR decreased the FD and increased the BS/TV and Tb.Th. values regardless of the kVp level.

Keywords: cone-beam computed tomography; trabecular bone; dental implant; artifact

Introduction

Bone quality is a clinical parameter associated with the prevention, diagnosis, and treatment of osteoporosis. This parameter is described, according to the National Institutes of Health, as all bone features that affected bone resistance to fracture that comprised architecture, turnover, mineralization, and damage accumulation (Conference, 2000). Like bone mineral density (BMD), bone quality is considered as another independent factor that may influence bone strength, bone mechanical function and, consequently, the success of dental implant placement. Therefore, presurgical assessment of implant placement should consider a more structural bone approach instead of a purely BMD approach to select an appropriate procedure, avoid surgical complications, and obtain better results (Kuroshima et al., 2017).

Different quantitative methods have been applied to assess trabecular bone architecture. Micro-CT images are considered a non-destructive and gold-standard method to evaluate trabecular morphometric parameters as it can attain resolutions up to 0.5 μm and the diameter of jawbone trabeculae ranges are of the order of 50-200 μm (Dessel et al., 2017). However, its limited field of view (FOV) is inappropriate for clinical use. Nonetheless, cone-beam computed tomography (CBCT) images have been validated, by comparative studies, to objectively assess the human bone quality through morphometric parameters using micro-CT images as a gold standard (Van Dessel et al., 2013; Ibrahim et al., 2014b; Kim et al., 2015; Dessel et al., 2017).

Although it is undeniable and widely known the advantages of the CBCT, the formation of artifacts still has been considered as one of the most important disadvantages of this imaging modality since there is a degradation in image quality. However, previous studies have shown that adjustments on the acquisition settings (e.g., higher kilovoltage-peak (kVp) (Freitas et al., 2018), higher number of basis images (Nascimento et al., 2021), higher tube current (mA) and activation of the metal artifact reduction (MAR) (Mancini et al., 2021) objectively decreased the expression of the beam-hardening artifacts.

Previous studies evaluated the influence of kV (Pauwels et al., 2015a), exposure time (Ibrahim et al., 2013a), voxel size, (Ibrahim et al., 2013a; Pauwels et al., 2015a), rotation steps (Ibrahim et al., 2013a), position of the object scanned in different FOVs (Ibrahim et al., 2014a), and the MAR (Nascimento et al., 2019) on the trabecular bone architecture assessment through CBCT images. However, there is an absence of information about the influence of the

artifacts generated by high-atomic number materials (e.g., dental implants) on the trabecular bone architecture analysis. Furthermore, according to the best of our knowledge, it is still unknown the influence of the acquisition and reconstruction settings (e.g., kVp and MAR) on this task using different kinds of dental implants. The hypothesis raised is that the presence of dental implants in the patient's oral cavity can influence the bone evaluation of nearby areas that are candidates to be rehabilitated with implants, due to beam hardening artifacts expression and magnitude. Another hypothesis is that an increase in kVp levels and activation of MAR, which were shown in previous studies (Freitas et al., 2018; Mancini et al., 2021) to be efficient in decreasing the magnitude of such artifacts, could positively contribute to trabecular bone architecture analysis in areas adjacent to the implants.

The goal of the present study was to evaluate the influence of artifacts associated to titanium and zirconium implants and the influence of kVp and MAR on trabecular bone architecture assessment through CBCT images. The null hypothesis was that there is no influence of implant type and the acquisition and reconstruction settings tested in the assessment of trabecular bone architecture.

Materials and Methods

This *ex vivo* study was approved by the local Institutional Review Board (protocol #4.337.099).

Phantom preparation

The phantom consisted of a dry human mandible with partially edentulous ridges, in which the alveolar bone corresponding to region of the tooth 46 was prepared for implant placement. A titanium implant (Titamax, Neodent, Brazil) and a zirconium oxide implant (Z-Look3, Z-systems, Switzerland) with the same dimensions (4 mm x 11 mm) were tested. On the right posterior region of the buccal cortical plate, at the middle portion of the implant, an epoxy resin-based (ERB) tissue substitute block (9 x 4 x 4 mm) (Vasconcelos et al., 2017) was set with aid of wax to help for standardized the selection of the same axial reconstruction level for all groups during the bone analysis.

An experienced dentist placed the implants alternately in the mandible; firstly, the titanium implant was placed, CBCT images were acquired and the implant was removed. Then, the same procedures were made with the zirconium implant, and finally CBCT images were obtained without implants to be used as control images (i.e., without implants).

Previous to CBCT acquisitions, the phantom was positioned in a cylindrical plastic container (16 cm diameter) filled with water to simulate the attenuation of soft tissue (Bezerra et al., 2015; Vasconcelos et al., 2017) on a platform provided by CBCT device avoiding movements while the scans were acquired, and positioned with light guides at the center of the FOV.

CBCT scanning

The phantom scan was performed on the Picasso Trio 3D unit (Vatech, Hwaseong, South Korea), varying the kVp level (70, 80, and 90) and MAR condition (with and without). The other acquisition settings were constant for all scans: 8 X 5 cm FOV, voxel size of 0.2 mm, 5 mA, an exposure time of 24s and 720 frames. Each acquisition was repeated three times to evaluate the reproducibility of the study, obtaining 54 CBCT scans (3 groups tested × 3 kVp

level $\times$ 2 MAR conditions $\times$ 3 repetitions). Figure 1 shows examples of cropped axial reconstructions according to the groups tested, kVp level, and MAR

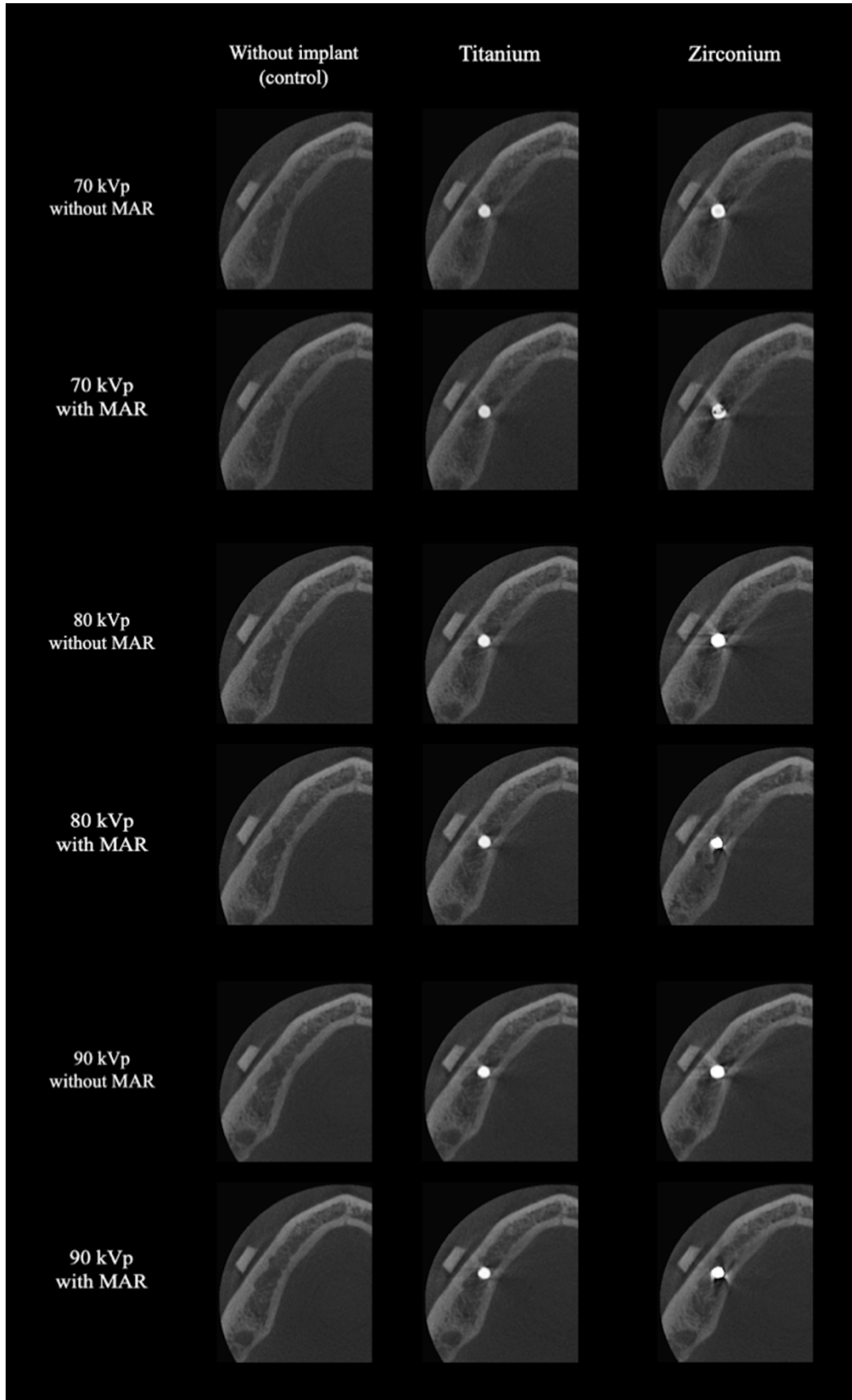


Figure 1 Cropped axial reconstructions of “without implant”, “titanium” and “zirconium” images according to kVp level and MAR.

Image analysis

Using as a reference the upper level of the ERB block in an axial reconstruction, two regions of interest (ROIs) were established comprising trabecular bone, one on the mesial region and a second on the distal region of the implant area (Figure 2). First, a line was design on the center of the right posterior body of the mandible following the long axis and passing through the center of the implant. Thereafter, two lines were drawn over to the first one, oriented towards mesial and distal at a distance of 4.5 mm from the center of the implant. Finally, two 2 x 2 mm square ROIs were drawn at 4.5 mm of the center of the implant. This distance was standardized based on end of the two lines determined before. According to the position of each ROI, the volume of interest (VOI) was determined using the crop tool available in the software. Each VOI encompassed 10 axial reconstructions equally distributed from the axial reconstruction at level of the middle of the implant. Thus, the VOIs had cubic format of 2 x 2 x 2 mm size ($10 \times 10 \times 10$ voxels). To standardized the VOIs position, the macro function of ImageJ software was used and all CBCT scans were individually exported to ImageJ/Fiji software (National Institutes of Health, USA). All analyses were realized in 8-bits images by one maxillofacial radiologist previously calibrated. The examiner calibration was carried out from the assessment of 21 CBCT acquisitions not included in the sample assessed replicating the protocol previously detailed.

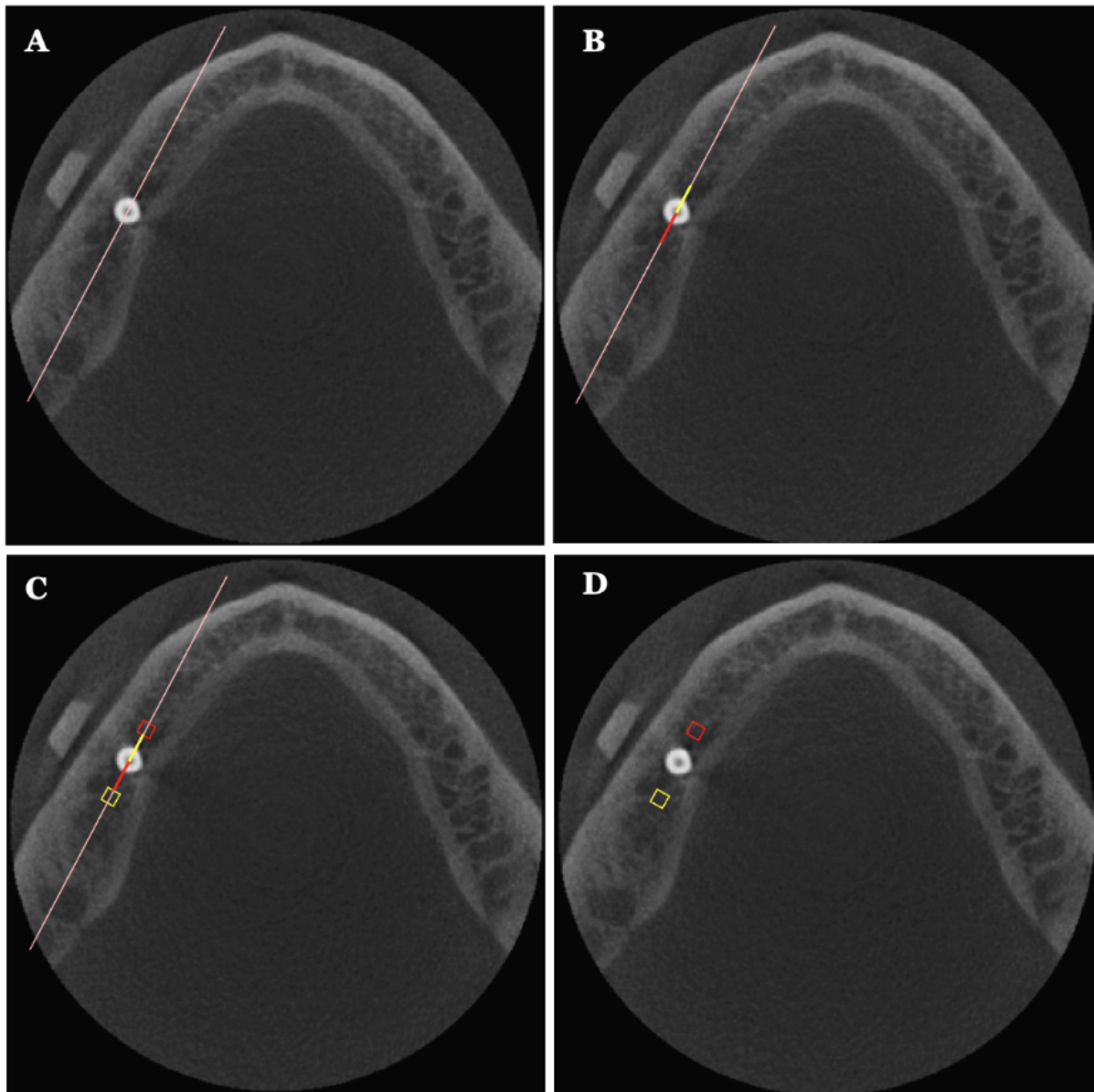


Figure 2 Workflow to determine the position of the regions of interest (ROIs) determined to create the volumes of interest (VOIs) used to perform trabecular morphometric parameters (A) A line was design on the center of the right posterior body on the mandible following the long axis and passing through the center of the implant. (B) Two lines were drawn over to the first one, oriented towards mesial and distal at a distance of 4.5 mm from the center of the implant (C) two equal squares' ROIs: (2 x 2 mm) were drawn at 4.5 mm of the center of the implant (C) Final location of the ROIs to obtain the VOIs.

Based on previous studies (Panmekiate et al., 2015; Pauwels et al., 2015a), the threshold and the binarization of both cropped VOIs were performed using the automatic “Moments” method. Afterwards, the trabecular bone architecture was evaluated from the

measure of the following trabecular morphometric parameters using the BoneJ plugin (Doubé et al., 2010): connectivity density (Conn. Dn.), fractal dimension (FD), bone volume fraction (BV/TV), bone surface density (BS/TV), trabecular thickness (Tb. Th.), and trabecular spacing (Tb. Sp.). Measurements from mesial and distal VOIs were averaged to represent each scan for analysis.

After 30 days of completion of this analysis, these scans were reevaluated from the scratch to calculate the intra-examiner agreement for each trabecular morphometric parameter measured.

Statistical analysis

The analysis was performed using SPSS software version 24.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA) with a significant set at 5% ($\alpha=5\%$). The data were summarized as mean and standard deviation (SD) values for each trabecular morphometric parameter measured. Using analysis of variance (ANOVA multi-way) the mean values of each protocol were compared and post-hoc Tukey test evaluate the effects of the factors studied (type of implant, kVp level, and MAR condition). Intraclass correlation coefficient (ICC) calculated the intra-examiner agreement.

Results

The ICCs (Koo and Li, 2016) were good for Conn. Dn. (ICC=0.88), FD (0.88), BV/TV (ICC=0.90), and excellent for BS/TV (0.98), Tb. Th. (ICC=0.92), and Tb. Sp. (ICC=0.94), which represented that the examiner was calibrated.

The mean and SD values of the Conn. Dn. and FD according to the studied factors are shown in Table 1. The Conn. Dn. values were influenced only by the implant with MAR ($p<0.05$); the zirconium group showed lower Conn. Dn. values than without implant and titanium groups, which had similar behavior. Conversely, FD values were influenced by all factors ($p<0.05$). Generally, zirconium group showed lower FD values than the others. The influence of kVp was observed in scans without implant regardless the MAR condition and in the zirconium group with MAR; in general, 70 kVp showed higher values than 80 and 90 kVp. MAR condition influenced only the zirconium group ($p<0.05$); in those cases, scans with MAR showed lower FD values than scans without MAR.

Table 1 Mean and standard deviation (SD) values of connectivity density (mm³) and fractal dimension according to parameters settings and implant groups

Trabecular morphometric parameters	MAR	kVp	Without implant	Titanium	Zirconium
Connectivity density (Conn.Dn)	Without MAR	70	0.79 (0.11)	0.76 (0.06)	0.55 (0.31)
		80	0.67 (0.15)	0.50 (0.08)	0.41 (0.35)
		90	0.55 (0.10)	0.57 (0.21)	0.31 (0.17)
	With MAR	70	0.79 (0.08) A	0.85 (0.08) A	0.33 (0.26) B
		80	0.52 (0.12) A	0.56 (0.08) A	0.12 (0.11) B
		90	0.61 (0.11) A	0.53 (0.05) A	0.14 (0.07) B
	Without MAR	70	2.44 (0.04) a	2.45 (0.03)	2.42 (0.02)
		80	2.36 (0.04) b	2.43 (0.01)	2.40 (0.01)
		90	2.36 (0.04) b	2.42 (0.00)	2.38 (0.04)
Fractal dimension (FD)	With MAR	70	2.42 (0.03) Aa	2.46 (0.01) A	2.31 (0.06) Ba*
		80	2.37 (0.02) Aab	2.39 (0.02) A	2.20 (0.03) Bb*
		90	2.33 (0.01) Bb	2.44 (0.00) A	2.29 (0.03) Ba*

MAR, metal artifact reduction; kVp, kilovoltage.

Different uppercase letters indicate statistical difference between without implant, titanium and zirconium groups.

Different lower letters indicate statistical difference between kVps.

* Indicate statistical difference from "without MAR" condition.

Table 2 summarizes the mean and SD values of BV/TV and BS/TV according to the studied factors. The implant influenced both values ($p < 0.05$); overall, the zirconium group showed the highest values followed by titanium group and without implant group, regardless of the kVp level and MAR condition ($p < 0.05$). The kVp levels did not influenced the trabecular morphometric parameters ($p > 0.05$). Regarding the effect of the MAR condition, with MAR increased the BS/TV values only for the zirconium group ($p < 0.05$).

Table 2 Mean and standard deviation (SD) values of bone volume fraction (%) and bone surface density (mm^2/mm^3) according to parameters settings and implants groups

Trabecular morphometric parameters	MAR	kVp	Without implant	Titanium	Zirconium
Bone volume fraction (BV/TV)	Without MAR	70	0.45 (0.01) B	0.47 (0.02) B	0.53 (0.01) A
		80	0.42 (0.01) B	0.49 (0.01) A	0.51 (0.01) A
		90	0.42 (0.01) C	0.48 (0.01) B	0.54 (0.01) A
	With MAR	70	0.44 (0.02) C	0.49 (0.02) B	0.58 (0.03) A
		80	0.43 (0.02) B	0.47 (0.02) B	0.56 (0.06) A
		90	0.41 (0.01) C	0.49 (0.01) B	0.57 (0.03) A
Bone surface density (BS/TV)	Without MAR	70	0.28 (0.01) B	0.30 (0.03) B	0.37 (0.01) A
		80	0.25 (0.01) B	0.33 (0.01) A	0.37 (0.02) A
		90	0.25 (0.01) C	0.31 (0.01) B	0.40 (0.01) A
	With MAR	70	0.27 (0.02) C	0.32 (0.01) B	0.46 (0.03) A*
		80	0.26 (0.02) B	0.30 (0.02) B	0.49 (0.07) A*
		90	0.24 (0.01) C	0.32 (0.01) B	0.47 (0.03) A*

MAR, metal artifact reduction; kVp, kilovoltage.

Different uppercase letters indicate statistical difference between without implant, titanium and zirconium groups.

* Indicate statistical difference from "without MAR" condition.

For Tb. Th. and Tb. Sp. values, the implant had significant influence; the zirconium group showed higher values than without implant and titanium groups, regardless of the kVp level and MAR condition ($p < 0.05$), as shown in Table 3. In general, the kVp level did not influence both trabecular morphometric parameters, except for Tb. Th. with MAR in zirconium group, in which 70 kVp showed higher values than 80 and 90. MAR condition influenced only the Tb. Th. values, which increased with MAR for the zirconium group regardless of the kVp level ($p < 0.05$).

Table 3 Mean and standard deviation (SD) values of trabecular thickness (mm) and trabecular separation (mm) according to parameters settings and implants groups

Trabecular morphometric parameters	MAR	kVp	Without implant	Titanium	Zirconium
Trabecular thickness (Tb. Th)	Without MAR	70	0.83 (0.03) B	0.86 (0.02) B	1.05 (0.07) A
		80	0.89 (0.06) B	0.91 (0.02) AB	1.07 (0.02) A
		90	0.89 (0.01) B	0.89 (0.00) B	1.15 (0.01) A
	With MAR	70	0.84 (0.02) B	0.90 (0.04) B	1.83 (0.30) Aa*
		80	0.83 (0.03) B	0.89 (0.04) B	1.53 (0.13) Ab*
		90	0.89 (0.01) B	0.88 (0.01) B	1.47 (0.05) Ab*
Trabecular separation (Tb. Sp)	Without MAR	70	0.95 (0.01) B	1.02 (0.03) B	1.16 (0.05) A
		80	1.03 (0.04) B	1.06 (0.05) B	1.18 (0.01) A
		90	1.06 (0.04) B	1.10 (0.03) B	1.20 (0.04) A
	With MAR	70	0.95 (0.03) B	0.99 (0.02) B	1.28 (0.04) A
		80	1.01 (0.06) B	1.05 (0.02) B	1.29 (0.11) A
		90	1.05 (0.02) B	1.02 (0.02) B	1.18 (0.06) A

MAR, metal artifact reduction; kVp, kilovoltage.

Different uppercase letters indicate statistical difference between without implant, titanium and zirconium groups.

Different lower letters indicate statistical difference between kVps.

* Indicate statistical difference from "without MAR" condition.

Discussion

The healing and osseointegration process is clinically relevant for implant treatment. The trabecular bone performs an important function in it due to the fact that it has a higher bone turnover rate when compared with cortical bone, and most of the implant surface has immediate contact with it (Ibrahim et al., 2013b). Therefore, the capacity to develop non-invasive three-dimensional measurements of trabecular bone architecture can help clinicians in the evaluation prior to implant placement, mainly in choosing the best place to install the implant (Ibrahim et al., 2014b; Kim et al., 2015). Previous studies (Van Dessel et al., 2013; Ibrahim et al., 2014b; Kim et al., 2015; Dessel et al., 2017) have shown that CBCT images are a non-invasive and clinical option to assess the trabecular bone architecture. Nevertheless, hard-beam artifacts caused by high atomic number materials (e.g., dental implants) is one of the most critical limitations of this imaging modality, as previous studies have extensively reported (Vasconcelos et al., 2017; Fontenele et al., 2018; Machado et al., 2018). According to the best of our knowledge, the current research is the pioneer to investigate the influence of artifacts generated by different dental implants on the assessment of the trabecular bone architecture through CBCT images. Furthermore, the effect of the acquisition and reconstruction settings on this assessment was a second goal of the present study. The current results showed that the artifacts generated by the zirconium implant influenced most of the trabecular morphometric parameters assessed. Regarding the acquisition and reconstruction settings, MAR condition was the factor that most influenced the assessment of the trabecular morphometric parameters, as there were lower FD values and higher BS/TV and Tb. Th. values with MAR in the presence of zirconium implant. Conversely, kVp had low influence in the evaluation.

The current study showed that the expression of artifacts generated from zirconium implants influenced most trabecular morphometric parameters compared to the titanium implant and the control group (i.e., without implants) regardless of the other parameters evaluated. Previous studies have reported that zirconium implant ($Z=40$) has a higher expression of artifacts than titanium implant ($Z=22$) due to their higher atomic number (Vasconcelos et al., 2017; Fontenele et al., 2018; Freitas et al., 2018). Furthermore, our results are corroborated by Fontenele et al., 2018 regarding the similarity observed between the titanium group and control group, once this type of implant material produce less remarkable artifacts even in the areas near to the implants. Therefore, our results can be justified by the higher density and the atomic number of the zirconium implants than titanium implants. It is

essential to highlight that the trabecular bone architecture assessment should be carefully performed in the presence of zirconium implants.

Although the MAR has controversial results regarding its performance (Fontenele et al., 2021), previous studies have proven that MAR causes a decrease in the expression of artifacts generated by dental implants (Bechara et al., 2012; Freitas et al., 2018). According to our results, MAR condition influenced the bone architecture parameters only in the presence of zirconium implants. As previous studies already reported (Freitas et al., 2018; Nascimento et al., 2019) the MAR has better performance when there is higher expression of the artifacts, such as in the presence of zirconium implants. Another interesting result was observed regarding the indirectness effect of the MAR on Conn. Dn. and FD results. It was detected lower Conn. Dn. and FD values in the presence of the zirconium implant with MAR. Considering that both trabecular morphometric parameters are related to the bone complexity, it would be possible that the MAR cannot be able to distinguish the trabecular bone complexity and the expression of the artifacts on medullar bone.

A previous study (Nascimento et al., 2019) investigated the influence of the expression of artifacts generated by a zirconium implant on the assessment of trabecular bone architecture on a single ROI close to the artifact-generating area. In contrast, the present study established two cubic VOIs at 4.5 mm from the center of the implant area. Those positions were chosen considering the minimum distance recommended between implants, mimicking a clinical scenario of implant planning placement (Tarnow et al., 2000). Furthermore, the BV/TV and BS/TV were not analyzed in the cited study. In disagreement with this study, our results showed a decrease of FD values in the presence of zirconium implant, while this difference had not been previously detected. This disagreement can be justified by the difference in the position of the ROIs evaluated. Unlike, the current research corroborates with Nascimento et al. 2019 regarding the results on Tb.Th. parameter, once an increase of these values was achieved in the presence of zirconium implants.

It was hypothesized that an increase in the kVp level could influence the assessment of trabecular bone architecture (Freitas et al., 2018). It is expected to decrease the artifacts expression due to the higher energy of the X ray beam. Nevertheless, the present study showed that an increase in kVp level did not influence the assessment of the most trabecular

morphometric parameters. This achievement agrees with a previous study, which also found a non-influence of kVp on the evaluation of bone structure (Pauwels et al., 2015a).

As is widely known, the micro-CT systems are considered the non-destructive gold standard to analyze the trabecular bone architecture (Ibrahim et al., 2013b). However, previous studies have proven that the CBCT images are also reliable to carry out this task (Van Dessel et al., 2013; Ibrahim et al., 2014b; Kim et al., 2015; Dessel et al., 2017). The current research's main goal was to compare the same phantom under different conditions regarding the expression of artifacts generated by different types of implants. Thus, our reference standard was the group of images without implants, which justifies not using micro-CT images as a reference exam.

The present study presents inherent limitations related to the *in vitro* design model, such as the absence of motion artifact that may reduce the CBCT spatial resolution (Schulze et al., 2011), which also can impact the assessment of thin structures, such as trabecular bone (Ibrahim et al., 2013a). However, the use of phantom constituted by human mandible is the only ethically acceptable alternative that may allow the acquisition of several CBCT scans to assess the expression of the artifacts and the acquisition settings under controlled conditions. This approach enables excluding potential biases that may influence the bone quality assessment, such as the inherent variability observed in different individuals. Also, more research is required to evaluate different CBCT devices, scan settings and MAR tools in the assessment of trabecular bone architecture.

In conclusion, the studied factors influenced the assessment of the trabecular morphometric parameters differently and professionals should be aware of such influences. While the type of implant had a remarkable influence on them, the MAR had an intermediate influence and the kVp level had a low influence. The presence of titanium implant influenced the evaluation of BV/TV and BS/TV. However, the main effect was caused by the expression of the artifacts generated by zirconium dental implants. In this scenario, MAR decreased the FD values and increased the BS/TV and Tb.Th. values.

References

1. Bechara B, Moore WS, McMahan CA, Noujeim M. Metal artefact reduction with cone beam CT: An in vitro study. *Dentomaxillofacial Radiol.* 2012;41(3):248–53.
2. Bezerra ISQ, Neves FS, Vasconcelos T V., Ambrosano GMB, 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. *Dentomaxillofacial Radiol.* 2015;44(6).
3. Conference C. Osteoporosis prevention, diagnosis, and therapy. NIH Consensus Statement. 2000;17(1):1–45.
4. Van Dessel J, Huang Y, Depypere M, Rubira-Bullen I, Maes F, Jacobs R. A comparative evaluation of cone beam CT and micro-CT on trabecular bone structures in the human mandible. *Dentomaxillofacial Radiol.* 2013;42(8).
5. Dessel J Van, Nicolielo LFP, Huang Y, Coudyzer W, Salmon B, Lambrichts I, et al. Accuracy and reliability of different cone beam computed tomography (CBCT) devices for structural analysis of alveolar bone in comparison with multislice CT and micro-CT. *Eur J Oral Implantol.* 2017;10(1):95–105.
6. Doube M, Klosowski MM, Arganda-Carreras I, Cordelières FP, Dougherty RP, Jackson JS, et al. BoneJ: Free and extensible bone image analysis in ImageJ. *Bone.* 2010;47(6):1076–9.
7. Fontenele RC, Machado AH, de Oliveira Reis L, Freitas DQ. Influence of metal artefact reduction tool on the detection of vertical root fractures involving teeth with intracanal materials in cone beam computed tomography images: A systematic review and meta-analysis. *Int Endod J.* 2021;54(10):1769–81.
8. Fontenele RC, Nascimento EHL, Vasconcelos T V., Noujeim M, Freitas DQ. Magnitude of cone beam CT image artifacts related to zirconium and titanium implants: Impact on image quality. *Dentomaxillofacial Radiol.* 2018;47(6).
9. Freitas DQ, Fontenele RC, Nascimento EHL, Vasconcelos TV, Noujeim M. Influence of acquisition parameters on the magnitude of cone beam computed tomography artifacts. *Dentomaxillofacial Radiol.* 2018;47(8).
10. Ibrahim N, Parsa A, Hassan B, Van Der Stelt P, Aartman IHA, Nambiar P. Influence of object location in different FOVs on trabecular bone microstructure measurements of human mandible: A cone beam CT study. *Dentomaxillofacial Radiol.* 2014a;43(2).
11. Ibrahim N, Parsa A, Hassan B, van der Stelt P, Aartman IHA, Wismeijer D. Accuracy of trabecular bone microstructural measurement at planned dental implant sites using

- cone-beam CT datasets. *Clin Oral Implants Res.* 2014b;25(8):941–5.
12. Ibrahim N, Parsa A, Hassan B, Van Der Stelt P, Aartman IHA, Wismeijer D. The effect of scan parameters on cone beam CT trabecular bone microstructural measurements of the human mandible. *Dentomaxillofacial Radiol.* 2013a;42(10).
 13. Ibrahim N, Parsa A, Hassan B, Van Der Stelt P, Wismeijer D. Diagnostic imaging of trabecular bone microstructure for oral implants: A literature review. *Dentomaxillofacial Radiol.* 2013b;42(3).
 14. Kim JE, Yi WJ, Heo MS, Lee SS, Choi SC, Huh KH. Three-dimensional evaluation of human jaw bone microarchitecture: Correlation between the microarchitectural parameters of cone beam computed tomography and micro-computer tomography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol* [Internet]. Elsevier Ltd; 2015;120(6):762–70. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.oooo.2015.08.022>
 15. Koo TK, Li MY. A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research. *J Chiropr Med* [Internet]. Elsevier B.V.; 2016;15(2):155–63. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcm.2016.02.012>
 16. Kothari M, Keaveny TM, Lin JC, Newitt DC, Genant HK, Majumdar S. Impact of spatial resolution on the prediction of trabecular architecture parameters. *Bone.* 1998;22(5):437–43.
 17. Kuroshima S, Kaku M, Ishimoto T, Sasaki M, Nakano T, Sawase T. A paradigm shift for bone quality in dentistry: A literature review. *J Prosthodont Res* [Internet]. Japan Prosthodontic Society; 2017;61(4):353–62. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpor.2017.05.006>
 18. Lindh C, Petersson A, Dr O, Rohlin M. Assessment of the trabecular pattern before endosseous implant treatment Diagnostic outcome of periapical radiography in the mandible. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1996;82(3):335–43.
 19. 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. *Dentomaxillofacial Radiol.* 2018;47(3).
 20. Mancini AXM, Santos MUC, Gaêta-Araujo H, Tirapelli C, Pauwels R, Oliveira-Santos C. Artefacts at different distances from titanium and zirconia implants in cone-beam computed tomography: effect of tube current and metal artefact reduction. *Clin Oral Investig.* *Clinical Oral Investigations*; 2021;25(8):5087–94.
 21. Nascimento EHL, Fontenele RC, Santaella GM, Freitas DQ. Difference in the artefacts production and the performance of the metal artefact reduction (MaR) tool between the buccal and lingual cortical plates adjacent to zirconium dental implant.

- Dentomaxillofacial Radiol. 2019;48(8):1–8.
22. Nascimento EHL, Gaêta-Araujo H, Fontenele RC, Oliveira-Santos N, Oliveira-Santos C, Freitas DQ. Do the number of basis images and metal artifact reduction affect the production of artifacts near and far from zirconium dental implants in CBCT? Clin Oral Investig. Clinical Oral Investigations; 2021;25(9):5281–91.
 23. Panmekiate S, Ngonphloy N, Charoenkarn T, Faruangsang T, Pauwels R. Comparison of mandibular bone microarchitecture between micro-CT and CBCT images. Dentomaxillofacial Radiol. 2015;44(5).
 24. Pauwels R, Faruangsang T, Charoenkarn T, Ngonphloy N, Panmekiate S. Effect of exposure parameters and voxel size on bone structure analysis in CBCT. Dentomaxillofacial Radiol. 2015a;44(8).
 25. Pauwels R, Jacobs R, Singer SR, Mupparapu M. CBCT-based bone quality assessment: Are Hounsfield units applicable? Dentomaxillofacial Radiol. 2015b;44(1).
 26. Schulze R, Heil U, Groß D, Bruellmann DD, Dranischnikow E, Schwanecke U, et al. Artefacts in CBCT: A review. Dentomaxillofacial Radiol. 2011;40(5):265–73.
 27. Tarnow DP, Cho SC, Wallace SS. The Effect of Inter-Implant Distance on the Height of Inter-Implant Bone Crest. J Periodontol. 2000;71(4):546–9.
 28. 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 [Internet]. Elsevier Ltd; 2017;123(2):265–72. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.oooo.2016.10.021>

3. CONCLUSÃO

Os fatores estudados influenciaram de forma diferente a avaliação dos parâmetros morfométricos trabeculares. Enquanto o tipo de implante teve uma influência notável sobre eles, a FRA teve uma influência intermediária e o nível de kVp teve uma influência baixa. A principal influência foi causada pela expressão dos artefatos gerados a partir dos implantes de zircônia. Nesse cenário, a FRA diminuiu os valores de dimensão fractal (FD) e aumentou os valores de fração de volume ósseo (BS / TV) e espessura trabecular (Tb. Th.).

REFERÊNCIAS*

1. Alghamdi HS, Jansen JA. The development and future of dental implants. *Dent Mater J.* 2020;39(2):167–72.
2. Balshi T, Wolfinger G, Stein B, Balshi S. A Long-term Retrospective Analysis of Survival Rates of Implants in the Mandible. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2015;30(6):1348–54.
3. Bechara B, Moore WS, McMahan CA, Noujeim M. Metal artefact reduction with cone beam CT: An in vitro study. *Dentomaxillofac Radiol.* 2012;41(3):248–53.
4. Bezerra ISQ, Neves FS, Vasconcelos T V., Ambrosano GMB, 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).
5. Conference C. Osteoporosis prevention, diagnosis, and therapy. NIH Consensus Statement. 2000;17(1):1–45.
6. Van Dessel J, Huang Y, Depypere M, Rubira-Bullen I, Maes F, Jacobs R. A comparative evaluation of cone beam CT and micro-CT on trabecular bone structures in the human mandible. *Dentomaxillofac Radiol.* 2013;42(8).
7. Dessel J Van, Nicolielo LFP, Huang Y, Coudyzer W, Salmon B, Lambrichts I, et al. Accuracy and reliability of different cone beam computed tomography (CBCT) devices for structural analysis of alveolar bone in comparison with multislice CT and micro-CT. *Eur J Oral Implantol.* 2017;10(1):95–105.
8. Doube M, Klosowski MM, Arganda-Carreras I, Cordelières FP, Dougherty RP, Jackson JS, et al. BoneJ: Free and extensible bone image analysis in ImageJ. *Bone.* 2010;47(6):1076–9.
9. Fontenele RC, Machado AH, de Oliveira Reis L, Freitas DQ. Influence of metal artefact reduction tool on the detection of vertical root fractures involving teeth with intracanal materials in cone beam computed tomography images: A systematic review and meta-analysis. *Int Endod J.* 2021;54(10):1769–81.
10. Fontenele RC, Nascimento EHL, Vasconcelos T V., Noujeim M, Freitas DQ. Magnitude of cone beam CT image artifacts related to zirconium and titanium implants: Impact on image quality. *Dentomaxillofac Radiol.* 2018;47(6).

11. Freitas DQ, Fontenele RC, Nascimento EHL, Vasconcelos TV, Noujeim M. Influence of acquisition parameters on the magnitude of cone beam computed tomography artifacts. *Dentomaxillofacial Radiol.* 2018;47(8).
12. Gupta R, Gupta N, Weber K. *Dental Implants Contraindications.* StatPearls Publishing, Treasure Island (FL); 2021.
13. Ibrahim N, Parsa A, Hassan B, Van Der Stelt P, Aartman IHA, Nambiar P. Influence of object location in different FOVs on trabecular bone microstructure measurements of human mandible: A cone beam CT study. *Dentomaxillofacial Radiol.* 2014a;43(2).
14. Ibrahim N, Parsa A, Hassan B, van der Stelt P, Aartman IHA, Wismeijer D. Accuracy of trabecular bone microstructural measurement at planned dental implant sites using cone-beam CT datasets. *Clin Oral Implants Res.* 2014b;25(8):941–5.
15. Ibrahim N, Parsa A, Hassan B, Van Der Stelt P, Aartman IHA, Wismeijer D. The effect of scan parameters on cone beam CT trabecular bone microstructural measurements of the human mandible. *Dentomaxillofacial Radiol.* 2013a;42(10).
16. Ibrahim N, Parsa A, Hassan B, Van Der Stelt P, Wismeijer D. Diagnostic imaging of trabecular bone microstructure for oral implants: A literature review. *Dentomaxillofacial Radiol.* 2013b;42(3).
17. Kim JE, Yi WJ, Heo MS, Lee SS, Choi SC, Huh KH. Three-dimensional evaluation of human jaw bone microarchitecture: Correlation between the microarchitectural parameters of cone beam computed tomography and micro-computer tomography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol* [Internet]. Elsevier Ltd; 2015;120(6):762–70. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.oooo.2015.08.022>
18. Koo TK, Li MY. A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research. *J Chiropr Med* [Internet]. Elsevier B.V.; 2016;15(2):155–63. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcm.2016.02.012>
19. Kosalagood P, Silkosessak OC, Pittayapat P, Pisarnurakit P, Pauwels R, Jacobs R. Linear Measurement Accuracy of Eight Cone Beam Computed Tomography Scanners. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2015;17(6):1217–27.
20. Kothari M, Keaveny TM, Lin JC, Newitt DC, Genant HK, Majumdar S. Impact of spatial resolution on the prediction of trabecular architecture parameters. *Bone.* 1998;22(5):437–43.

21. Kuroshima S, Kaku M, Ishimoto T, Sasaki M, Nakano T, Sawase T. A paradigm shift for bone quality in dentistry: A literature review. *J Prosthodont Res* [Internet]. Japan Prosthodontic Society; 2017;61(4):353–62. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpor.2017.05.006>
22. Lindh C, Petersson A, Dr O, Rohlin M. Assessment of the trabecular pattern before endosseous implant treatment Diagnostic outcome of periapical radiography in the mandible. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1996;82(3):335–43.
23. 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. *Dentomaxillofacial Radiol.* 2018;47(3).
24. Mancini AXM, Santos MUC, Gaêta-Araujo H, Tirapelli C, Pauwels R, Oliveira-Santos C. Artefacts at different distances from titanium and zirconia implants in cone-beam computed tomography: effect of tube current and metal artefact reduction. *Clin Oral Investig. Clinical Oral Investigations*; 2021;25(8):5087–94.
25. Nascimento EHL, Fontenele RC, Santaella GM, Freitas DQ. Difference in the artefacts production and the performance of the metal artefact reduction (MaR) tool between the buccal and lingual cortical plates adjacent to zirconium dental implant. *Dentomaxillofacial Radiol.* 2019;48(8):1–8.
26. Nascimento EHL, Gaêta-Araujo H, Fontenele RC, Oliveira-Santos N, Oliveira-Santos C, Freitas DQ. Do the number of basis images and metal artifact reduction affect the production of artifacts near and far from zirconium dental implants in CBCT? *Clin Oral Investig. Clinical Oral Investigations*; 2021;25(9):5281–91.
27. Panmekiate S, Ngonphloy N, Charoenkarn T, Faruangsang T, Pauwels R. Comparison of mandibular bone microarchitecture between micro-CT and CBCT images. *Dentomaxillofacial Radiol.* 2015;44(5).
28. Pauwels R, Faruangsang T, Charoenkarn T, Ngonphloy N, Panmekiate S. Effect of exposure parameters and voxel size on bone structure analysis in CBCT. *Dentomaxillofacial Radiol.* 2015a;44(8).
29. Pauwels R, Jacobs R, Singer SR, Mupparapu M. CBCT-based bone quality assessment: Are Hounsfield units applicable? *Dentomaxillofacial Radiol.* 2015b;44(1).
30. Schulze R, Heil U, Groß D, Bruellmann DD, Dranischnikow E, Schwanecke U, et al.

- Artefacts in CBCT: A review. *Dentomaxillofacial Radiol.* 2011;40(5):265–73.
31. Tarnow DP, Cho SC, Wallace SS. The Effect of Inter-Implant Distance on the Height of Inter-Implant Bone Crest. *J Periodontol.* 2000;71(4):546–9.
 32. Tyndall DA, Price JB, Tetradis S, Ganz SD, Hildebolt C, Scarfe WC. 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* [Internet]. Elsevier; 2012;113(6):817–26. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.oooo.2012.03.005>
 33. 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* [Internet]. Elsevier Ltd; 2017;123(2):265–72. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.oooo.2016.10.021>

APÊNDICE

1. METODOLOGIA DETALHADA

1.1 Aspectos Éticos

Estudo realizado após aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Odontologia de Piracicaba, da Universidade Estadual de Campinas – FOP/UNICAMP – Número do Parecer: 4.353.746, conforme consta no certificado (Anexo 1).

1.2 Preparo da amostra

Para a realização do estudo, foi utilizada uma mandíbula humana macerada parcialmente edêntula e eleita de forma aleatória em relação a idade e gênero.

Na região do primeiro molar direito foram instalados por um dentista experiente, sem torque e alternadamente dois tipos de implantes com a mesma dimensão (4 mm x 11 mm): primeiro um implante de titânio (Titamax, Neodent, Brazil) e depois outro de óxido de zircônia (Z-Look3, Z-systems, Switzerland) (Figura 1),

Figura 1- Implantes osseointegráveis utilizados na obtenção das imagens. A - Implante de titânio (Titamax, Neodent, Brazil). B - Implante de óxido de zircônia (Z-Look3, Z-systems, Switzerland).



(Imagens fornecidas pelos fabricantes dos implantes)

Na cortical vestibular da mesma região, na altura referente à metade do comprimento do implante, foi fixado com o auxílio de cera de utilidade um bloco de material de epóxi-resinoso substituto de tecido ósseo (ERB) (9 x 4 x 4 mm) com o objetivo de padronizar a seleção do mesmo nível de reconstrução axial para todos os grupos durante a análise óssea.

A mandíbula foi fixada inferiormente por meio de cera de utilidade em um recipiente cilíndrico de plástico (16 cm de diâmetro), possibilitando a padronização da posição mandibular e evitando qualquer movimentação durante os escaneamentos (Figura 2).

Figura 2- Vista superior do fantoma: mandíbula humana posicionada no interior do container de plástico e fixada com auxílio de cera de utilidade, e implante de zircônia posicionado na região do dente 46.

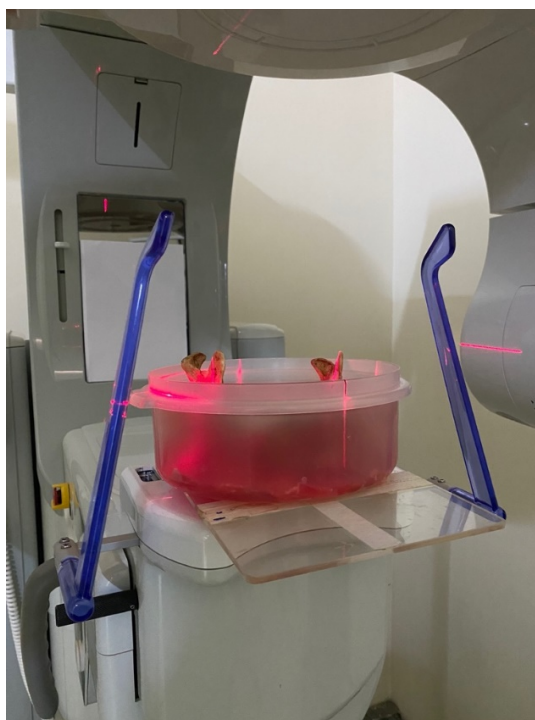


Após, o recipiente foi preenchido com água, simulando a atenuação do feixe de raios-X pelos tecidos moles, com o objetivo de replicar uma situação *in vivo* (Vasconcelos et al., 2017).

1.3 Aquisição das imagens

Posteriormente ao preparo do fantoma, a mandíbula foi posicionada na plataforma fornecida pelo aparelho de TCFC Picasso Trio 3D (Vatech, Hwaseong, South Korea) de forma centralizada no FOV com auxílio das luzes de orientação do equipamento e escaneada (Figura 3).

Figura 3 - Fantoma posicionado na plataforma do aparelho Picasso Trio 3D.



O plano sagital mediano da mandíbula foi localizado perpendicular ao plano horizontal, e o plano oclusal paralelo ao plano horizontal, ambos coincidentes com a luzes de orientação do aparelho, simulando o correto posicionamento do paciente.

As imagens foram adquiridas antes e após a inserção de cada tipo de implante variado os valores de kVp (70, 80 e 90) e a condição da FRA. Os outros parâmetros de aquisição se mantiveram constantes: tamanho de FOV (8 x 5 cm), tamanho de voxel de 0,2 mm, 5mA, tempo de exposição (24 s) e número de imagens base (720). Para avaliar a reprodutibilidade do estudo todas as aquisições foram repetidas três vezes obtendo um total de 54 escaneamentos (3 grupos experimentais x 3 níveis de kVp x 2 condições de FRA X 3 repetições) (Quadro 1).

Quadro 1 – Escaneamentos de TCFC realizados no estudo de acordo com os grupos experimentais e os aparelhos utilizados

PROTOCOLO	TIPO IMPLANTE	kVp	FRA
1	Titânio	70	Sem
2	Titânio	70	Com
3	Titânio	80	Sem
4	Titânio	80	Com
5	Titânio	90	Sem
6	Titânio	90	Com
7	Zircônia	70	Sem
8	Zircônia	70	Com
9	Zircônia	80	Sem
10	Zircônia	80	Com
11	Zircônia	90	Sem
12	Zircônia	90	Com
13	Sem implante	70	Sem
14	Sem implante	70	Com
16	Sem implante	80	Sem
16	Sem implante	80	Com
17	Sem implante	90	Sem
18	Sem implante	90	Com

1.4 Análise das imagens

1.4.1 Seleção das reconstruções axiais

No software de visualização de imagens do próprio tomógrafo Picasso Trio 3D (Vatech, Hwaseong, Coreia do Sul) foi feita a seleção das reconstruções axiais a serem avaliadas.

Com o objetivo de padronizar a seleção das imagens axiais referente à metade da altura do implante dentário, a primeira reconstrução na qual era possível visualizar a porção superior do bloco de ERB foi selecionada. A fim de conferir a seleção, no plano coronal foi feita a mensuração da altura entre apical do implante e a linha de referência do plano axial determinada. Para todas as imagens selecionadas dos grupos titânio e zircônia, essa medida linear era de 5,5 mm (Terço médio do implante). O bloco de ERB possibilitou a obtenção padronizada da mesma imagem axial nos protocolos adquiridos sem implantes.

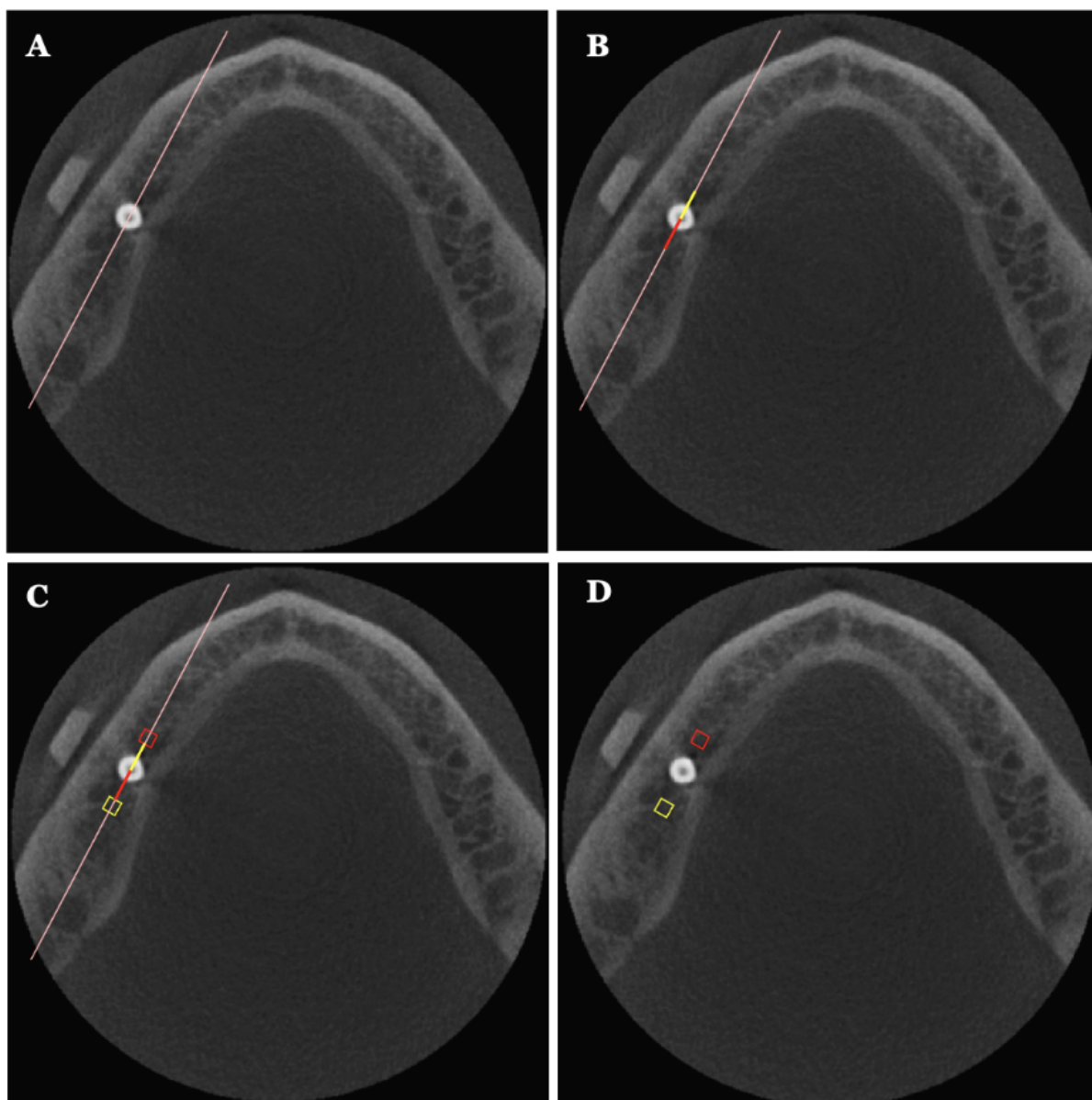
Dessa maneira foi obtido o número de reconstrução axial para a posterior determinação das ROIs.

1.4.2 Seleção das regiões de interesse (ROIs)

Um volume com presença de implante, selecionado de maneira aleatória, foi exportado ao software ImageJ/Fiji (National Institutes of Health, USA). Na reconstrução axial previamente determinada, duas ROIs foram estabelecidas compreendendo apenas o osso trabecular, uma na região mesial e uma segunda na região distal da área do implante. Para determinação das ROIs foi traçada uma linha média passando pelo longo eixo do corpo da mandíbula e pelo centro do implante (Figura 4A). Após isso, duas linhas foram traçadas sobre a primeira, orientadas para mesial e distal a uma distância de 4,5 mm do centro do implante (Figura 4B). Finalmente, duas ROIs quadradas de 2 x 2 mm foram desenhadas a 4,5 mm do centro do implante. Essa distância foi padronizada com base nas extremidades das duas linhas previamente determinadas (Figuras 4C, D).

Figura 4- Fluxo de trabalho para determinar a posição das regiões de interesse (ROIs) estabelecidas para criar os volumes de interesse (VOIs) utilizados para a análise dos parâmetros morfométricos

trabeculares (A) Uma linha foi traçada no centro do corpo posterior direito na mandíbula passando pelo centro do implante. (B) Duas linhas foram traçadas sobre a primeira, orientadas para mesial e distal a uma distância de 4,5 mm do centro do implante (C) Duas ROIs quadradas do mesmo tamanho (2 x 2 mm) foram determinadas a 4,5 mm do centro do implante (C) Localização final das ROIs para obter os VOIs.



1.4.3 Determinação dos volumes de interesse (VOIs)

De acordo com a posição de cada ROI, o VOI foi determinado usando a ferramenta de corte habilitada no software. Cada VOI abrangeu 10 reconstruções axiais igualmente distribuídas a partir da reconstrução axial ao nível do meio do implante. Assim, os VOIs tiveram formato cúbico de tamanho 2 x 2 x 2 mm (10 x 10 x 10 voxels). Para todas as

análises, as posições dos VOIs foram padronizadas usando a função macro do software ImageJ. Todas as análises foram realizadas em imagens de 8 bits por um radiologista maxilofacial previamente calibrado. A calibração do examinador foi realizada a partir da avaliação de 21 tomografias de TCFC não incluídas na amostra avaliada seguindo o protocolo de determinação dos VOIs previamente descrito.

Com base em estudos anteriores (Panmekiate et al., 2015; Pauwels et al., 2015a), o threshold e a binarização dos VOIs foram realizados usando o método automático de “Moments”. Posteriormente, a arquitetura do osso trabecular foi avaliada a partir da medida dos seguintes parâmetros morfométricos trabeculares usando o plugin BoneJ: densidade de conectividade (Conn. Dn.), Dimensão fractal (FD), fração de volume ósseo (BV / TV), densidade de superfície óssea (BS / TV), espessura trabecular (Tb. Th.) e espaçamento trabecular (Tb. Sp.). A média dos VOIs mesial e distal de cada escaneamento foram calculadas para análise.

Após 30 dias da conclusão desta análise, esses escaneamentos foram reavaliados para calcular a concordância intraexaminador para cada parâmetro morfométrico trabecular medido.

1.5 Análise estatística

As análises foram realizadas utilizando o software SPSS versão 24.0 (IBM Corp., Armonk, NY), adotando um nível de significância de 5% ($\alpha=5\%$).

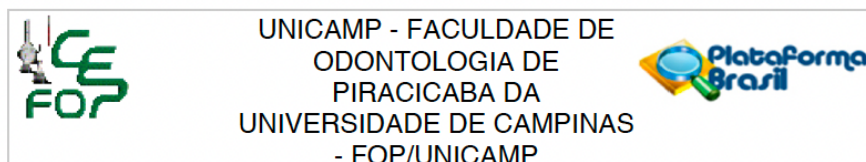
Os dados foram resumidos como valores de média e desvio padrão (DP) para cada parâmetro morfométrico trabecular medido. Os valores médios de cada protocolo foram comparados pela análise de variância (ANOVA multi-way) com teste post-hoc de Tukey para testar os principais efeitos dos fatores estudados (tipo de implante, nível de kVp e condição FRA).

A concordância intraexaminador foi calculada pelo coeficiente de correlação intraclass (ICC).

A hipótese nula foi que a presença do tipo de implante e as configurações de aquisição e reconstrução testadas não influenciaram a arquitetura óssea trabecular.

ANEXOS

ANEXO 1- PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Influência da presença de artefatos relacionados com implantes de titânio e zircônia no estudo da arquitetura óssea em imagens de tomografia computadorizada de feixe cônico

Pesquisador: Ivana Vitulli

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 38573720.5.0000.5418

Instituição Proponente: Faculdade de Odontologia de Piracicaba - Unicamp

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 4.353.746

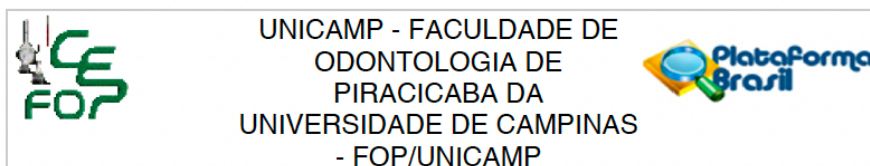
Apresentação do Projeto:

O parecer inicial é elaborado com base na transcrição editada do conteúdo do registro do protocolo na Plataforma Brasil e dos arquivos anexados à Plataforma Brasil. Os pareceres de retorno, emendas e notificações são elaborados a partir dos dados e arquivos da última versão apresentada.

A EQUIPE DE PESQUISA citada na capa do projeto de pesquisa inclui IVANA VITULLI (Cirurgiã Dentista, Mestranda no PPG em Radiologia Odontológica da FOP-UNICAMP, Pesquisadora responsável), DEBORAH QUEIROZ DE FREITAS FRANÇA (Cirurgiã Dentista, Docente da Área de Radiologia Odontológica da FOP-UNICAMP), ROCHARLES CAVALCANTE FONTENELE (Cirurgião Dentista, Doutorando no PPG em Radiologia Odontológica da FOP-UNICAMP), o que é confirmado na declaração dos pesquisadores e na PB.

Delineamento da pesquisa: Trata-se de estudo laboratorial, analítico, comparativo, que envolverá 54 imagens de TCFC obtidas a partir de uma mandíbula macerada antes e depois de colocação de implantes sob diversos parâmetros de aquisição de imagem. A realização das imagens ocorreu em uma pesquisa prévia aprovada pelo CEP-FOP em 2017 (CAAE 70218017.4.0000.5418). O objetivo do presente trabalho será avaliar o efeito dos artefatos na avaliação da estrutura óssea do osso

Endereço: Av.Limeira 901 Caixa Postal 52
Bairro: Areião **CEP:** 13.414-903
UF: SP **Município:** PIRACICABA
Telefone: (19)2106-5349 **Fax:** (19)2106-5349 **E-mail:** cep@fop.unicamp.br



Continuação do Parecer: 4.353.746

Considerações Finais a critério do CEP:

Parecer de aprovação de Protocolo emitido "ad referendum" conforme autorização do Colegiado na reunião de 19/02/2020. O parecer será submetido para homologação na reunião de 11/11/2020.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMACOES_BASICAS_DO_PROJETO_1619131.pdf	20/10/2020 17:15:26		Aceito
Folha de Rosto	Folhaderosto.pdf	20/10/2020 17:14:54	Ivana Vitulli	Aceito
Outros	Respostaparecer.pdf	20/10/2020 13:32:02	Ivana Vitulli	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto.pdf	20/10/2020 13:27:07	Ivana Vitulli	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.pdf	20/10/2020 13:26:46	Ivana Vitulli	Aceito
Declaração de Manuseio Material Biológico / Biorepositório / Biobanco	Autarquivo.pdf	31/08/2020 22:51:39	Ivana Vitulli	Aceito
Declaração de Pesquisadores	DeclaraPesquisadores.pdf	31/08/2020 22:40:51	Ivana Vitulli	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	DeclaraInstituicao.pdf	31/08/2020 22:40:31	Ivana Vitulli	Aceito

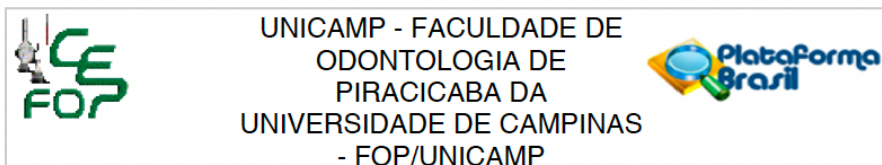
Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: Av.Limeira 901 Caixa Postal 52
 Bairro: Areião CEP: 13.414-903
 UF: SP Município: PIRACICABA
 Telefone: (19)2106-5349 Fax: (19)2106-5349 E-mail: cep@fop.unicamp.br



Continuação do Parecer: 4.353.746

PIRACICABA, 21 de Outubro de 2020

Assinado por:
jacks jorge junior
(Coordenador(a))

Endereço: Av. Limeira 901 Caixa Postal 52
Bairro: Areião **CEP:** 13.414-903
UF: SP **Município:** PIRACICABA
Telefone: (19)2106-5349 **Fax:** (19)2106-5349 **E-mail:** cep@fop.unicamp.br

ANEXO 2 - LINKS DO CURRÍCULO LATTES E NÚMERO DO ORCID

1. Currículo Lattes:

- <http://lattes.cnpq.br/7138372529779479>

2. ORCID:

- <https://orcid.org/0000-0003-3659-2266>

ANEXO 3 - VERIFICAÇÃO DE ORIGINALIDADE E PREVENÇÃO DE PLÁGIO

Dissertação 21 01			
RELATÓRIO DE ORIGINALIDADE			
22%	17%	19%	%
ÍNDICE DE SEMELHANÇA	FONTES DA INTERNET	PUBLICAÇÕES	DOCUMENTOS DOS ALUNOS
FONTES PRIMÁRIAS			
1	repositorio.unicamp.br Fonte da Internet	9%	
2	repository.ubn.ru.nl Fonte da Internet	1%	
3	www.birpublications.org Fonte da Internet	1%	
4	Desoutter Aline, Barrot Laura, Langonnet Stephan, Béra Jean-Christophe, Chaux Anne-Gaëlle. "Assessment of irradiated socket healing in the rabbit's mandible: Experimental study", Research in Veterinary Science, 2020 Publicação	1%	
5	repositorio.ufjf.br Fonte da Internet	1%	
6	Rocharles C. Fontenele, Eduarda H.L. Nascimento, Gustavo M. Santaella, Deborah Q. Freitas. "Does the metal artifact reduction algorithm activation mode influence the magnitude of artifacts in CBCT images?", Imaging Science in Dentistry, 2020	<1%	

ANEXO 4 - COMPROVANTE DE SUBMISSÃO DO ARTIGO

From: DMFR Office em@editorialmanager.com
Subject: Submission confirmation for "Influence of artifacts generated by titanium and zirconium implants in the study of trabecular bone architecture in cone-beam CT images with different protocols"
Date: 17 February 2022, 21:26
To: Ivana Vitulli ivavitulli@gmail.com



CC: "Rochales Cavalcante Fontenele" rocharlesf@gmail.com, "Eduarda Helena Leandro Nascimento" eduarda.hln@gmail.com, "Deborah Queiroz Freitas" deborahq@unicamp.br

Dear Ivana Vitulli,

You are receiving this e-mail as you are listed as the corresponding author or as a co-author on the submission entitled "Influence of artifacts generated by titanium and zirconium implants in the study of trabecular bone architecture in cone-beam CT images with different protocols", which has been received by Dentomaxillofacial Radiology.

You will be able to check on the progress of your paper by logging on to Editorial Manager as an Author at <https://www.editorialmanager.com/dmfr/>.

Username: IvanaV

If you already know your password, please login with it. If you have just been registered, or you have forgotten your password, please activate the following link to create a password: <https://www.editorialmanager.com/dmfr/l.asp?i=83148&l=VF584GTZ>. If you cannot activate the above password link please go to "<https://www.editorialmanager.com/dmfr/>", click "login" then click "Send login details" or please notify me by replying directly to this email.

You will be informed by email of the manuscript reference number in due course.

If you do not think you should be listed as an author of this work, please get in touch with the editor (michael.bornstein@unibas.ch).

Thank you for submitting your work to DMFR.

Please note, during the current unprecedented demands on global healthcare systems due to COVID 19, we are anticipating potential delays to our standard timely editorial processes. All scholarly journals rely on volunteer expert reviewers and these same experts are supporting their national healthcare services during the current emergency. Submissions will still be subject to the same robust peer review as expected.

Kind regards,
 DMFR Office

In compliance with data protection regulations, you may request that we remove your personal registration details at any time. (Use the following URL: <https://www.editorialmanager.com/dmfr/login.asp?a=r>). Please contact the publication office if you have any questions.