

Artigo Original de Pesquisa
Original Research Article

Identificação de canais radiculares não obturados utilizando TCCB e uma ferramenta para redução de artefatos metálicos: um estudo *in vitro*

Recognition of not filled root canals using CBCT and a metallic artifact reduction tool: an *in vitro* study

Zead Mahmud Carvalho Saleh Filho¹
Eduardo Trota Chaves²
Henrique Timm Vieira²
Melissa Feres Damian³
Nádia de Souza Ferreira^{2, 3}

Autor para correspondência:

Melissa Feres Damian
Universidade Federal de Pelotas
Faculdade de Odontologia – Departamento de Semiologia e Clínica
Rua Gonçalves Chaves, 457, sala 510
CEP 96015-560 – Pelotas – RS – Brasil
E-mail: melissaferesdamian@gmail.com

¹ Prática privada – Pelotas – RS – Brasil.

² Programa de Pós-graduação em Odontologia, Faculdade de Odontologia, Universidade Federal de Pelotas – Pelotas – RS – Brasil.

³ Departamento de Semiologia e Clínica, Faculdade de Odontologia, Universidade Federal de Pelotas – Pelotas – RS – Brasil.

Data de recebimento: 14 jun. 2022. Data de aceite: 17 mar. 2023.

Palavras-chave:

obturação do canal radicular; diagnóstico por imagem; tomografia computadorizada de feixe cônico.

Resumo

Objetivo: Avaliar a influência da obturação e de uma ferramenta para redução de artefatos metálicos (FRAM) na detecção do canal mesovestibular 2 (MV2) de molares superiores (MS) em tomografia computadorizada *cone beam* (TCCB). **Material e métodos:** Neste estudo *in vitro*, 9 MS foram escaneados previamente ao tratamento endodôntico. Realizaram-se a abertura coronária, preparo dos canais com instrumentos recíprocos, irrigação e obturação com cones de guta-percha e cimento endodôntico. O canal MV2 não foi acessado e obturado, mesmo quando identificado. Posteriormente, os dentes foram submetidos a duas novas TCCB sem e com o acionamento da FRAM

durante os escaneamentos. As imagens foram analisadas por dois examinadores experientes em interpretação de TCCB, que avaliaram a possibilidade de identificar o canal MV2 nos exames. **Resultados:** Nas imagens iniciais sem obturação, o canal MV2 foi identificado em 88,9% das amostras (n=8), enquanto nos escaneamentos após a obturação o canal MV2 foi detectado em 88,9% dos dentes (n=8) quando a ferramenta não estava ativada (não coincidindo com a avaliação das imagens base em todas as amostras) e em 22,2% dos casos (n=2) quando a ferramenta estava ativada. Ao realizar o teste Kappa, a concordância na identificação do canal MV2 nas imagens iniciais e pós-obturação sem a ferramenta foi de 77,8% (K=0,778) e de 33,3% (K=0,333) nas imagens iniciais e com a ferramenta, consideradas concordâncias moderada e mínima, respectivamente. **Conclusão:** A obturação influenciou a detecção do canal MV2 em TCCB, visto que a FRAM impactou de maneira negativa a identificação dos canais não tratados e obturados.

Keywords:

root canal obturation;
imaging diagnosis;
cone beam computed
tomography.

Abstract

Objective: To evaluate the influence of the filling and a metallic artifacts reduction tool in the mesiobuccal 2 (MB2) canal of upper molars detection, in Cone Beam Computed Tomography (CBCT).

Material and methods: In this *in vitro* study, 9 upper molars were scanned prior to endodontic treatment. It was performed the coronary opening, canals preparation with reciprocating instruments, irrigation and filling with gutta-percha and endodontic cement. The MB2 canals were not accessed and filled, even when identified. Then, the teeth were submitted to two new CBCT without and with the activation of the metallic artifacts reduction tool during the scans. The images were analyzed by two examiners experienced in CBCT interpretation, who evaluated the possibility of identifying the MB2 canals in the exams. **Results:** In the initial images without filling, the MB2 canal was identified in 88.9% of the samples (n=8), while in the post-filling scans, the MB2 canal was detected in 88.9% of the teeth (n=8) when the tool was not activated (not coinciding with the evaluation of the base images in all samples) and in 22.2% of cases (n=2) when the tool was activated. When performing the Kappa test, the agreement in identifying the MB2 canal in the initial and post-filling images without the tool was 77.8% (K=0.778) and 33.3% (K=0.333) in the initial images and images obtained with the tool, considered moderate and minimal agreements, respectively. **Conclusion:** The MBs canal detection was influenced by CBCT, and the tool had a negative impact on the identification of canals not treated and filled.

Introdução

A anatomia dos canais radiculares é um dos desafios que o profissional encontra durante o tratamento endodôntico. Canais não identificados ou não tratados apresentam maior prevalência para o desenvolvimento ou a persistência de periodontites apicais, levando à possibilidade de insucesso do

tratamento endodôntico [2]. Entre os dentes que apresentam maior preponderância de insucesso endodôntico pela não identificação de canais radiculares estão os molares superiores (MS), em virtude da presença do canal mesovestibular 2 (MV2) [14]. Contudo a prevalência do canal MV2 em MS tem se mostrado cada vez mais comum, variando não somente entre indivíduos, como também entre

populações: média de 73,8%, estendendo-se de 48% em um segmento venezuelano a 97,6% em uma população belga [10]. Um dos fatores que têm contribuído para a visualização desses canais MV2 nos molares superiores e, conseqüentemente, o relato de sua identificação em estudos e casos clínicos é a indicação da tomografia computadorizada *cone beam* (TCCB) para os casos endodônticos.

Isso porque os crescentes avanços da TCCB, incluindo os exames com campo de visão limitado, que diminuem a dose de radiação e aumentam a resolução das imagens, levaram a Associação Americana de Endodontia (AAE), a Sociedade Europeia de Endodontia (ESE) e a Academia Americana de Radiologia Oral e Maxilofacial (AAROM) a recomendar o uso da TCCB tanto em casos de dentes de anatomia reconhecidamente complexa, como os MS, como de retratamento endodôntico, em substituição à radiografia periapical [1, 9]. Porém é sabido que na presença de corpos com alta densidade, como materiais obturadores de canal ou pinos metálicos, a TCCB pode formar artefatos, especialmente os do tipo *beam hardening* (artefatos de endurecimento do feixe), que podem dificultar ou até mesmo impedir a detecção de canais não tratados nos dentes que necessitam de retratamento endodôntico [12]. Por isso, alguns autores chegam a sugerir a remoção da obturação antes da obtenção de TCCB desses dentes [18].

Na tentativa de reduzir a formação dos artefatos do tipo *beam hardening* em TCCB, os fabricantes de aparelhos e *softwares* têm desenvolvido as chamadas Ferramentas de Redução de Artefatos Metálicos (FRAM), que são algoritmos que visam reduzir ou até eliminar esses inconvenientes dos exames tomográficos, durante o processo de reconstrução das imagens [6, 12]. Todavia alguns estudos relatam que a FRAM, por promover a homogeneização nos valores de cinza da TCCB em áreas mais afetadas pelos artefatos, pode não demonstrar o efeito esperado na tarefa diagnóstica [4].

Assim, o objetivo deste estudo *in vitro* foi avaliar a influência da obturação na detecção do canal MV2 de MS em exames TCCB, verificando a porcentagem de canais visualizados antes e após a obturação. A hipótese alternativa (H1) foi a de que a obturação diminuiria a incidência de canais MV2 visualizados pela TCCB. Ainda, foi avaliada a porcentagem de canais visualizados nos dentes obturados quando o exame foi obtido ativando ou não a FRAM do tomógrafo, de modo a analisar seu efeito na detecção dos canais MV2.

Material e métodos

Considerações éticas

Antes de ser iniciado, este estudo foi submetido e aprovado por um Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) de uma instituição de ensino superior (parecer 3.582.447).

Amostra

Neste estudo *in vitro*, foram utilizados dentes MS humanos recém-extraídos, com indicações para remoção por motivos não relacionados a esta pesquisa, do Banco de Dentes Humanos da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Pelotas (FO UFPel). Todos os pacientes foram informados quanto ao propósito do estudo, por meio de instruções verbais e de um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Apenas dentes de pacientes maiores de 18 anos e capazes de consentir com a doação para o projeto de pesquisa foram selecionados. Após a conclusão desta pesquisa, os dentes retornaram ao seu local de origem, para armazenamento.

Com o objetivo de obter um poder de 80% e nível de significância de 5%, foi realizado um cálculo amostral com base em estudo prévio [18], sendo determinada inclusão de dez dentes.

Aquisição das imagens tomográficas e preparo dos espécimes

As TCCB iniciais (imagens base) foram obtidas em tomógrafo *cone beam* PaX-i3D® (Equipamento Pano+CBCT+Tele, Vatech, Vatech do Brasil, São Paulo, SP, Brasil), com 89 kVp e 4.7 mA. Cada dente foi escaneado individualmente no tomógrafo, utilizando um FOV (*field of view* – campo de visão) de 50x50 mm, voxel isotrópico de 0,08 mm, tempo de exposição de 24 segundos, em uma escala de cinza de 14-bits.

Após, foi feito o tratamento endodôntico dos dentes, por um único operador. Usaram-se instrumentos Reciproc (VDW, Munique, Alemanha), para realização do preparo mecânico, e hipoclorito de sódio 2,5%, para o preparo químico dos condutos radiculares. Os instrumentos foram escolhidos de acordo com a anatomia do canal e empregados conforme as recomendações do fabricante. Posteriormente, os canais mesovestibular (MV), distovestibular (DV) e palatino (P) foram obturados com cones de guta-percha e cimento endodôntico à base de óxido de zinco e eugenol (Endomethasone, Septodont), pela técnica de cone

único. Mesmo que visualizados pelo operador durante a realização do tratamento endodôntico, os canais MV2 não foram instrumentados e tampouco obturados. Por fim, os dentes foram selados com resina composta Opalis (FGM, Joinville, Santa Catarina, Brasil).

Após a perda de um espécime, nove MS foram submetidos a dois novos escaneamentos TCCB, o primeiro sem e o segundo com a ativação da FRAM do tomógrafo. Os exames foram obtidos no mesmo aparelho, com os mesmos parâmetros das tomografias iniciais (imagens base).

Avaliação das imagens

As imagens de TCCB antes da obturação (imagens base) e após a obturação sem FRAM e com FRAM foram avaliadas, em conjunto, por dois examinadores, um endodontista e um radiologista, com experiência em interpretação de imagens tomográficas. Utilizando o *software* OnDemand 3D Dental® (Cybermed Inc, Seoul, Korea), e aplicando de forma padronizada o filtro aumento de nitidez em duas vezes, foram geradas reconstruções axiais, sagitais e coronais, de cada um dos nove dentes separadamente, buscando a detecção do canal MV2 nas raízes MV dos MS. Considerou-se a presença do canal somente quando este foi visualizado em, pelo menos, dois cortes consecutivos, obtidos no mesmo plano. Ainda, para confirmar a presença, o canal deveria ser visualizado em cortes consecutivos obtidos no sentido ortogonal ao corte em que o canal foi inicialmente visualizado. Nas mesmas imagens, avaliou-se também se o canal se apresentava como um canal isolado ou unido ao canal mesovestibular, de acordo com a classificação de Vertucci [17].

Nas análises após a obturação, os avaliadores foram cegados em relação ao dente examinado e se na TCCB analisada havia ou não aplicação da FRAM. Para tal recorreu-se ao *software* DICOMAnonymize, versão 1.1 (IMAGE Information Systems, Alemanha). Todas as análises foram executadas em um mesmo computador, evitando variações entre os monitores.

Análise dos dados

Para cada imagem analisada, foram tabulados os dados relativos à presença ou não do canal MV2, assim como foi efetuada a descrição do tipo de canal pela classificação de Vertucci. Para verificar a concordância da detecção do MV2 nas imagens base (sem obturação) comparativamente

às imagens finais (pós-obturação), com e sem a ativação da FRAM, aplicou-se teste estatístico de Kappa. A comparação ocorreu em pares: imagem base x imagem sem FRAM e imagem base x imagens com FRAM. Nas análises usou-se o *software* Stata 13.0 (Stata Corp, University of California, LA, USA).

Resultados

Na avaliação das imagens tomográficas sem obturação (imagens base) o canal MV2 foi identificado em 88,9% dos casos (n=8 dentes). A tabela I descreve os resultados das imagens base quanto à presença do canal MV2 e ainda sua morfologia de acordo com a classificação de Vertucci.

Já durante a avaliação das imagens dos dentes obturados, comparativamente às imagens base (tabela II), o canal MV2 foi detectado em 88,9% dos casos (n=8 dentes) quando não foi aplicada a FRAM, ao passo que em 22,2% dos espécimes (n=2 dentes) quando a ferramenta estava ativa, ou seja, a detecção dos canais foi menor quando aplicada a FRAM. Vale salientar que, em um dos dentes avaliados (espécime identificado como 2), os avaliadores não identificaram o canal MV2 nas imagens base, mas o detectaram nas imagens da TCCB sem ativação da FRAM, demonstrando a ação negativa dos artefatos do tipo *beam hardening* sobre o diagnóstico dos dentes tratados endodonticamente.

Tabela I - Descrição da amostra (nove dentes) de acordo com a presença e a morfologia [17] do canal MV2 nas imagens base, antes da obturação (Pelotas, 2019)

Dente	Presença do canal MV2	Classificação de Vertucci [17]
1	Sim	Tipo II
2	Não	Tipo I
3	Sim	Tipo IV
4	Sim	Tipo II
5	Sim	Tipo II
6	Sim	Tipo II
7	Sim	Tipo II
8	Sim	Tipo II
9	Sim	Tipo IV

Tabela II - Presença do canal MV2 observada nas imagens tomográficas da amostra (n=9 dentes), nas imagens base (antes da obturação) e nas imagens pós-obturação sem e com a ativação da FRAM durante o escaneamento tomográfico dos espécimes (Pelotas, 2019)

Dente	Avaliação inicial pré-obturação	Avaliação pós-obturação sem FRA	Avaliação pós-obturação com FRA
1	Sim	Sim	Não
2	Não	Sim	Não
3	Sim	Sim	Sim
4	Sim	Sim	Não
5	Sim	Sim	Não
6	Sim	Sim	Não
7	Sim	Sim	Sim
8	Sim	Não	Não
9	Sim	Sim	Não

Ao realizar o teste estatístico de Kappa, a concordância na identificação do canal MV2 nas imagens base pré-obturação e pós-obturação sem FRA foi de 77,8% ($K=0,778$), enquanto a concordância das imagens base e pós-obturação com FRA foi de 33,3% ($K=0,333$), consideradas concordâncias moderada e mínima, respectivamente. A figura 1 ilustra um dente da amostra, em cortes tomográficos axiais em diferentes terços da raiz dentária (C1, C2 e C3), em imagens base pré-obturação (A), pós-obturação sem FRA (B) e pós-obturação com FRA (C).



Figura 1 - Cortes axiais de TCCB de um mesmo dente molar superior obtida antes da obturação dos canais (A), após a obturação sem o acionamento da FRAM (B) e com o acionamento FRAM (C) durante a aquisição dos exames. Reconstruções obtidas com o *software* OnDemand 3D Dental®. A linha C1 representa cortes no terço cervical das raízes, C2 no terço médio e C3 no terço apical das raízes

Discussão

Por meio dos resultados obtidos, foi possível verificar que a presença da obturação influencia a detecção do canal MV2 em imagens de TCCB de MS tratados endodonticamente, uma vez que o percentual de canais visualizados diminuiu nos exames pós-obturação, comparativamente aos exames pré-obturação. Assim, a hipótese alternativa (H1) formulada para o trabalho foi aceita. De forma semelhante, um estudo prévio também detectou a influência negativa da obturação sobre a detecção do canal MV2 em imagens tomográficas [18]. No entanto essa influência sofreu variação de acordo com o tamanho do voxel utilizado durante o escaneamento dos espécimes, visto que voxels menores (0,2 mm) apresentam resultados semelhantes para dentes obturados e não obturados, possibilitando a identificação do canal MV2 em ambos os casos, comparativamente a voxels maiores (0,25 e 0,3 mm), que reduziram a detecção de canais MV2 na presença do material obturador no canal MV1 de 1ºMS extraídos. No presente estudo foi utilizado um voxel ainda menor para aquisição das imagens, de 0,08 mm, e mesmo assim pôde-se observar que a presença do material obturador influenciou negativamente na detecção do canal MV2. Assim, da mesma forma que Vizzoto *et al.* [18], recomenda-se a desobturação de todos os canais radiculares previamente à realização de TCCB de dentes que necessitam de retratamento endodôntico, nos quais se busca a detecção de canais MV2 não tratados, de modo a evitar a possibilidade de gerar artefatos que afetem o desempenho diagnóstico do exame.

Nas imagens iniciais, foi encontrado um alto percentual de canais MV2 em MS (88,9% / n=8 dentes). Esses achados concordam com a literatura, que relata que tal canal é muito prevalente, com percentuais variando de 30,9% a 96,7% em 1ºMS e 14% a 83,4% em 2ºMS [7, 8]. No Brasil, encontrou-se uma estimativa com média de 85,8%, nos MS, porém com menor prevalência de dois canais nos terços médio e apical da raiz MV, comparativamente ao terço cervical, caracterizando o tipo II de Vertucci [17]. Esses resultados concordam com a presente pesquisa, uma vez que os canais com essa mesma morfologia foram encontrados na maioria dos dentes da amostra (66,7%). Contudo cortes histológicos, diafanização, seccionamento nas raízes desses dentes ou mesmo o exame de microtomografia não foram realizados nos dentes deste estudo, impossibilitando a confirmação da morfologia dos canais da raiz MV, sendo os achados tomográficos iniciais, das imagens base pré-obturação, considerados o padrão de comparação.

Neste estudo, a influência negativa da obturação sobre a detecção dos canais MV2 ocorreu por conta da formação dos artefatos nas TCCBs. Artefatos são definidos como formações que aparecem nas imagens, mas que não compõem o objeto escaneado, sendo sua presença induzida por discrepâncias entre as condições físicas reais do corpo examinado e a matemática simplificada usada nas reconstruções tomográficas [15]. Podem aparecer em padrões diferentes, como listras, linhas e sombras orientadas ao longo da projeção, tanto com características hipodensas quanto hiperdensas [16]. Dentre os artefatos, o chamado *beam hardening* é um dos mais comuns, formado quando os raios X emitidos pelo tomógrafo passam por um objeto e uma absorção substancial do feixe acontece, visto que, quanto mais denso ou de maior número atômico for o material, maior será sua absorção. Assim, com materiais altamente densos, como a guta-percha usada na obturação dos canais dos MS avaliados neste estudo, maior será o comprometimento da qualidade da tomografia [7, 8, 15], uma vez que podem aparecer de duas formas na imagem: impossibilidade de identificar a exata forma da guta-percha ou um halo hipodenso (escuro) na área adjacente ao material [16]. Nesta pesquisa, além da menor detecção de canais nas imagens pós-obturação, em um dos espécimes (dente 2) os avaliadores marcaram como presente um canal não visualizado no exame base pré-obturação, justamente pela presença de um halo hipodenso formado por um artefato *beam hardening* na raiz MV.

Visando minimizar a limitação dos artefatos sobre as imagens TCCB, como um objetivo adicional deste estudo, foi proposto verificar o efeito de uma FRAM na detecção dos canais MV2. As FRAM tanto podem estar presentes em alguns equipamentos de TCCB, tendo a opção de serem acionadas durante o escaneamento, ou nos *softwares* de reconstrução das imagens. Na presente pesquisa as imagens tomográficas foram adquiridas em um aparelho cone beam PaX-i3D[®], que permite tanto adquirir as imagens acionando a FRAM quanto reduzir os artefatos com o uso da ferramenta BAR (Blooming Artifact Raduion Tool) em seu *software* (Prexion3D Image Analyses System). Optou-se pela utilização da FRAM no escaneamento, já que a avaliação das imagens foi realizada em outro *software*, que não o do próprio tomógrafo, o *OnDemand 3D Dental*[®], simulando a situação em que o clínico recebe as imagens DICOM para avaliar em sua clínica / consultório.

Verificou-se que com o acionamento da FRAM durante a aquisição do exame houve menores taxas de identificação do canal MV2, em comparação com as imagens base iniciais. Esse resultado vai de encontro ao aguardado, pois ao utilizar a FRA se esperavam remoção dos artefatos e maior facilidade na avaliação das imagens e detecção dos canais. Não existe um consenso na literatura sobre a *performance* diagnóstica das imagens quando as FRAM são utilizadas. Alguns estudos relatam que ao usarem essa ferramenta a formação de artefatos diminui e, por isso, seria preferível que nos escaneamentos que sabidamente haja interferência de materiais densos fosse usada a ferramenta [5, 7, 8, 10, 12, 13]. Por outro lado, existem relatos em que não foram observadas diferenç as na avaliação das imagens usando ou não a FRAM, quando canais preenchidos por guta-percha foram escaneados, questionando o uso da ferramenta para finalidade endodôntica [11].

De acordo com estudos prévios, não há muitas informações disponibilizadas pelos fabricantes dos aparelhos sobre o funcionamento das FRAM. Propõe-se que algoritmos matemáticos aplicam um limiar correspondente   média dos valores de cinza da imagem e que áreas com densidades muito discrepantes nesses valores são corrigidas, reduzindo a variabilidade dos tons, o que resultaria em uma imagem com menos artefatos [4, 7, 8]. Porém essa homogeneização nos valores de cinza fora da média não considera a densidade ou o tipo de material escaneado, o que faz com que qualquer estrutura discrepante seja "reparada", podendo eliminar da imagem estruturas potencialmente importantes. Assim, concorda-se que para essas FRAM, que removem artefatos em geral, ainda são necessários estudos e esforç os contínuos para melhorar seus algoritmos de reconstrução das TCCB, com foco na redução mais específica de artefatos induzidos por diferentes materiais dentários densos, como, por exemplo, os materiais obturadores de canal [16].

Além da limitação inerente de um estudo *in vitro*, que nem sempre pode ser comparado com avaliações clínicas, e do fato já citado sobre a não secção dos dentes para comprovar a presenç a dos canais MV2 detectados nos exames tomográficos base, citam-se como limitações deste estudo a perda de um espécime durante o experimento e também o escaneamento dos MS fora de um *phantom* ou crânio seco que simulasse a presenç a do tecido ósseo sobre as raízes dentárias. Porém estudos prévios com metodologias semelhantes também

foram executados com o escaneamento direto dos dentes [3, 18], enquanto, mesmo com a perda de um dos espécimes, foi possível detectar tanto a alta prevalência dos canais MV2 de MS quanto a influência da obturação e da utilização da FRAM sobre as imagens TCCB.

A TCCB pode ser usada como uma ferramenta auxiliar na identificação de anatomias radiculares complexas. Entretanto a técnica apresenta limitações importantes que devem sempre ser consideradas pelo profissional que está indicando e interpretando seus resultados. É importante enfatizar a recomendação de que o clínico realize ou indique os exames complementares de imagem conhecendo suas limitações e informe o radiologista sobre o motivo da realização do exame em caso de escolha da TCCB, para que possam ser aplicados os melhores parâmetros durante a aquisição da imagem.

Conclusão

Pôde-se concluir que houve influência da obturação na detecção do canal MV2 de MS, sugerindo que materiais intrarradiculares apresentaram interferências importantes no resultado obtido pela TCCB. Ainda, de acordo com os achados do presente estudo, constatou-se que a FRAM produziu interferência sobre a *performance* diagnóstica do exame, pois a sua ativação durante o escaneamento levou à diminuição na identificação dos canais avaliados. Porém ressalta-se a importância de estudos adicionais sobre o tema, especialmente estudos clínicos, objetivando o enriquecimento da literatura e a consolidação da informação para profissionais da Odontologia.

Referências

1. AAE and AAOMR Joint Position Statement: use of cone beam computed tomography in endodontics 2015 update. *J Endod.* 2015;41:1393-6.
2. Costa FFNP, Pacheco-Yanes J, Siqueira JFJ, Oliveira ACS, Gazzaneo I, Amorim CA et al. Association between missed canals and apical periodontitis. *Int Endod J.* 2019;52(4):400-6.
3. Diniz de Lima E, Freitas APLF, Suassuna FCM, Melo SLS, Bento PM, Pita de Melo D. Assessment of cone-beam computed tomographic artifacts from different intracanal materials on bicrooted Teeth. *J Endod.* 2019;45(2):209-13.
4. Farias-Gomes A, Fontenele RC, Rosaldo LPL, Neves FS, Freitas DQ. The metal post material influence of artefact reduction algorithms in CBCT images. *Braz Dent J.* 2022;33(1):31-40.
5. Kamburoğlu K, Yılmaz F, Yeta EN, Özen D. Assessment of furcal perforations in the vicinity of different root canal sealers using a cone beam computed tomography system with and without the application of artifact reduction mode: an ex vivo investigation on extracted human teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2016;121(6):657-65.
6. Kierklo A, Tabor Z, Petryniak R, Dohnalik M, Jaworska M. Application of microcomputed tomography for quantitative analysis of dental root canal obturations. *Postepy Hig Med Dosw.* 2014;68:310-5.
7. Martins JNR, Alkhawas M-BAM, Altaki Z, Bellardini G, Berti L, Boveda C et al. Worldwide analyses of maxillary first molar second mesiobuccal prevalence: a multicenter cone-beam computed tomographic study. *J Endod.* 2018;44(11):1641-9. e1.
8. Martins JNR, Marques D, Silva EJNL, Caramês J, Versiani MA. Prevalence studies on root canal anatomy using cone-beam computed tomographic imaging: a systematic review. *J Endod.* 2019;45(4):372-86. e4.
9. Patel S, Brown J, Semper M, Abella F, Mannocci F. European Society of Endodontology position statement: use of cone beam computed tomography in endodontics. *Int Endod J.* 2019;52:1675-8.
10. Queiroz PM, Groppo FC, Oliveira ML, Haiter-Neto F, Freitas DQ. Evaluation of the efficacy of a metal artifact reduction algorithm in different cone beam computed tomography scanning parameters. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2017;123(6):729-34.
11. Queiroz PM, Oliveira ML, Groppo FC, Haiter-Neto F, Freitas DQ. Evaluation of metal artefact reduction in cone-beam computed tomography images of different dental materials. *Clin Oral Investig.* 2018;22(1):419-23.
12. Queiroz PM, Rovaris K, Gaêta-Araujo H, Bueno SMS, Freitas DQ, Groppo FC et al. Influence of artifact reduction tools in micro-computed tomography images for endodontic research. *J Endod.* 2017;43(12):2108-11.

13. Queiroz PM, Santaella GM, Groppo FC, Freitas DQ. Metal artifact production and reduction in CBCT with different numbers of basis images. *Imaging Sci Dent.* 2018;48(1):41-4.
14. Rosaldo LPL, Fagundes FB, Freitas DQ, Oliveira MO, Neves FS. Influence of the intracanal material and metal artifact reduction tool in the detection of the second mesiobuccal canal in cone-beam computed tomographic examinations. *J Endod.* 2020;46(8):1067-73.
15. Schulze R, Heil U, Gross D, Bruellmann DD, Dranischnikow E, Schwanecke U et al. Artefacts in CBCT: a review. *Dentomaxillofac Radiol.* 2011;40(5):265-73.
16. Vasconcelos KF, Nicolielo LFP, Nascimento MC, Haiter-Neto F, Bóscolo FN, Van Dessel J et al. Artefact expression associated with several cone-beam computed tomographic machines when imaging root filled teeth. *Int Endod J.* 2015;48(10):994-1000.
17. Vertucci FJ. Root canal anatomy of the human permanent teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1984;58(5):589-99.
18. Vizzotto MB, Silveira PF, Arús NA, Montagner F, Gomes BPFA, da Silveira HED. CBCT for the assessment of second mesiobuccal (MB2) canals in maxillary molar teeth: effect of voxel size and presence of root filling. *Int Endod J.* 2013;46(9):870-6.