



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE**  
**FACULDADE DE ODONTOLOGIA**

**MAYARA FIDELIS BASTOS**

**O USO DA FERRAMENTA REDUTORA DE ARTEFATOS METÁLICOS PARA  
DETECÇÃO DE LESÕES DE FURCA EM PRIMEIROS MOLARES MAXILARES: ESTUDO  
*EX VIVO* EM TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA DE FEIXE CÔNICO**

Rio de Janeiro

2021

**MAYARA FIDELIS BASTOS**

**O USO DA FERRAMENTA REDUTORA DE ARTEFATOS METÁLICOS PARA  
DETECÇÃO DE LESÕES DE FURCA EM PRIMEIROS MOLARES MAXILARES: ESTUDO  
*EX VIVO* EM TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA DE FEIXE CÔNICO**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Profissional em Clínica Odontológica da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Clínica Odontológica.

Orientadoras:

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Francielle Silvestre Verner

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Maria Augusta Visconti Rocha Pinto

Rio de Janeiro

2021

Bastos, Mayara Fidelis.

O uso da ferramenta redutora de artefatos metálicos para detecção de lesões de furca em primeiros molares maxilares: estudo *ex vivo* em tomografia computadorizada de feixe cônico. / Mayara Fidelis Bastos. – Rio de Janeiro: UFRJ / Centro de Ciências da Saúde, Faculdade de Odontologia, 2021.

50 f.: il.; 31 cm.

Orientadoras: Francielle Silvestre Verner e Maria Augusta Visconti Rocha Pinto.

Dissertação (mestrado) – UFRJ / Centro de Ciências da Saúde, Faculdade de Odontologia, Mestrado Profissional em Clínica Odontológica, 2021.

Referências: f. 48-50.

Ficha catalográfica elaborada pela equipe de Referência da Biblioteca Central do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal do Rio de Janeiro.



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE**  
**FACULDADE DE ODONTOLOGIA**

A Comissão Julgadora dos trabalhos de Qualificação de Dissertação de Mestrado, em sessão pública realizada em 06 de maio de 2021, considerou a candidata Mayara Fidelis Bastos aprovada.

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Francielle Silvestre Verner

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Maria Augusta Visconti Rocha Pinto

Prof. Dr. Jônatas Caldeira Esteves

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Ana Emília Farias Pontes

A Ata da qualificação com as respectivas assinaturas dos membros encontra-se no processo de vida acadêmica do aluno.

*Dedico este trabalho ao meu grande amor e incentivador Dílson.*

## AGRADECIMENTOS

*A Deus, pelo sustento nos momentos em que eu não acreditava que seria possível conseguir alcançar todos os objetivos aos quais me propus realizar.*

*À Faculdade de Odontologia e à Clínica de Radiologia Odontológica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, por serem locais onde me senti acolhida, fiz amizades, aprendi e fui muito feliz ao longo dos últimos 3 anos.*

*Às Professoras Doutoras Francielle Silvestre Verner e Maria Augusta Visconti, que no momento mais sublime de suas vidas – a gestação de um filho – não se furtaram ao exercício daquilo em que são exemplares: o ensino. Minha admiração por vocês sempre foi enorme, por sermos formadas na mesma Instituição e por ver o caminho que trilharam. Por tudo que aprendi com vocês ao longo dos dois anos do Mestrado, minha gratidão será eterna!*

*Aos professores doutores Ana Emília Farias Pontoes (UFJF-GV) e Jônatas Caldeira Esteves (UFRJ) que prontamente aceitaram o convite para participar de minha banca de qualificação, e enriqueceram grandemente meu trabalho com suas observações.*

*Aos professores doutores Frederico Sampaio Neves (UFBA) e Anna Thereza Tomé Leão (UFRJ) por aceitarem participar da banca examinadora da minha defesa de mestrado, colaborando com o aprimoramento deste trabalho.*

*Ao meu marido, Dílson, que não mede esforços para me estimular a seguir em frente. Obrigada por sempre acreditar em mim, na maioria das vezes muito mais que eu mesma. Seu amor e sua dedicação se fizeram presentes em pequenos gestos, em momentos que mais precisei. Te amo muito!*

*À minha pequena família, que muito significa para mim, representada por minha Mãe, meu Avô Serginho, Marcão, meus Tios Renata e Tê, e minha prima Giovanna, que mesmo distantes fisicamente, não deixaram de estar presentes, por meio do amor incondicional e torcida. Amo vocês!*

*À minha tão amada Avó Nilza, que infelizmente nos deixou precocemente. Tenho certeza que você está muito feliz por tudo que me tornei. A saudade é eterna, bem como o amor que sinto por você e que está tatuado em mim.*

*À minha querida turma do Mestrado, nosso começo em 2019 foi memorável. Trocamos experiências que jamais serão esquecidas. Infelizmente, por conta da pandemia causada pela COVID-19, nossos encontros presenciais foram adiados, mas tenho certeza de que um dia poderemos comemorar nossas conquistas. Sucesso para todos vocês!*

*Deixo aqui o meu “muito obrigada” a todos que torceram por mim e entenderam minha ausência! Essa conquista leva um pedacinho de cada um de vocês.*

*“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis”.*

José de Alencar



## RESUMO

Bastos, Mayara Fidelis. Rio de Janeiro. 2021. O uso da ferramenta redutora de artefatos metálicos para detecção de lesões de furca em primeiros molares maxilares: estudo *ex vivo* em tomografia computadorizada de feixe cônico. Dissertação (Mestrado Profissional em Clínica Odontológica) – Programa de Pós-Graduação em Clínica Odontológica da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

O diagnóstico de lesões de furca em exames por imagem bidimensionais, especialmente em molares superiores, representa um desafio devido à sobreposição de estruturas anatômicas. Apesar da tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) permitir a visualização tridimensional do osso periodontal, o diagnóstico em dentes tratados endodonticamente, e com a presença de retentores intra-radulares, pode ser comprometido devido à formação de artefatos de imagem. O objetivo no presente estudo foi avaliar, por meio de imagens de TCFC, a performance da ferramenta de redução de artefatos metálicos (MAR) na detecção das lesões de furca em primeiros molares maxilares tratados endodonticamente com diferentes tipos de retentores intra-radulares. A amostra foi composta por 45 dentes, posteriormente divididos em três grupos (n=15): GC – Grupo controle (guta-percha), GPM – Pino metálico e GPFV – Pino de fibra de vidro. O espaço correspondente ao ligamento periodontal foi simulado utilizando cera plástica para recobrir as raízes. Já a simulação do osso alveolar foi realizada através da inclusão dos dentes em uma mistura de gesso tipo III e serragem. Em cada grupo, foram simuladas lesões de furca de graus I, II e III (n=5), com o uso de brocas. Os dentes foram aleatorizados, e fixados em blocos para realização da TCFC. Cada bloco continha três dentes, independente do grupo. Foram realizados 30 exames de TCFC, sendo 15 com MAR ativada, e 15 sem MAR. Quatro examinadores determinaram, dentro de uma escala de cinco pontos, a presença ou ausência das lesões, e quando presentes realizaram a classificação de acordo com grau. A análise estatística foi realizada e o índice Kappa foi determinado. As variáveis estudadas foram analisadas por meio do Modelo de Equações de Estimções Generalizadas (GEE). A concordância intra-examinador variou de moderada a perfeita (75% a 100%), já a inter-examinador variou de discreta a regular (59% a 68%) sem MAR, e de regular a substancial (79% a 92%) com MAR. Ao verificar a proporção de acertos no diagnóstico da lesão de furca em função dos fatores “uso da ferramenta MAR” e “grau da lesão”, em cada um dos grupos, não foi verificada interação significativa entre os fatores para o GC (p=0,281), ao contrário dos GPM (p = 0,007) e GPFV (p < 0,001). No GC não houve influência da MAR, e não foi possível diagnosticar as lesões de grau II, e as de grau III foram detectadas com maior frequência (p=0,003). Nos GPM e GPFV, utilizando a ferramenta MAR, as lesões de furca grau III foram diagnosticadas corretamente com maior frequência quando comparadas às de grau I e II. A utilização da MAR no GPM aumentou o diagnóstico das lesões de grau III, e no GPFV reduziu o diagnóstico das lesões de grau I. Conclui-se que a ferramenta MAR foi efetiva apenas para diagnóstico de lesões de furca grau III, independente do material intrarradicular. Nas lesões de graus I e II sua utilização não trouxe benefícios, especialmente nos casos de dentes com pinos de fibra de vidro com lesão grau I.

Palavras-chave: Defeitos da furca; Diagnóstico; Técnicas *in vitro*; Tomografia computadorizada de feixe cônico.

## ABSTRACT

Bastos, Mayara Fidelis. Rio de Janeiro. 2021. The use of metal artifact reduction tool for detection of furcation involvement in maxillary first molars: an *ex vivo* study using cone beam computed tomography. Dissertation (Professional Masters in Dental Clinic) – Post Graduation Program, Faculty of Dentistry, Federal University of Rio de Janeiro.

The diagnosis of furca involvement in two-dimensional imaging studies, especially in maxillary molars, represents a challenge due to the overlapping of images. Although cone beam computed tomography (CBCT) allows for three-dimensional visualization of periodontal tissues, diagnosis in endodontically treated teeth with intraradicular retainers, may be compromised by the formation of metallic artifacts. The aim of this study was to evaluate the performance of the Metal Artifact Reduction Tool (MAR) in the detection of furcation involvement in first maxillary molars treated endodontically and with different intraradicular retainers, in CBCT scans. The sample was composed of 45 teeth, divided into three groups (n=15): CG – Control group (gutta-percha), MPG - Metal post and FPG - Fiberglass post. The periodontal ligament was simulated by covering the roots with plastic wax. The teeth were included in a type III plaster mixture and sawdust to simulate the alveolar bone. In each group, furcation lesions of grades I, II and III (n=5) were created, with the use of drills. The teeth were randomized so that the tomography exam was performed containing three teeth, regardless of the groups. Fifteen CBCT examinations were performed using the MAR tool, and 15 without the tool. Four evaluators determined, within a scale of five scores, the presence of the lesions and classified them according to degree. To evaluate reproducibility, 20% of the sample was reassessed. For statistical analysis, intra- and inter-evaluator agreement calculations (Kappa test) were performed, and the variables were analyzed using the Generalized Estimation Equations model. The intra-evaluator Kappa index varied from moderate to perfect (75% to 100%). The inter-evaluator Kappa index varied from discrete to regular (59% to 68%) in the absence of the MAR tool, and from regular to substantial (79% to 92%) with the use of the tool. When checking the proportion of correct answers in the diagnosis of furca injury to the factors “use of MAR tool”, “type of intraradicular post” and “degree of injury”, no significance was verified for the CG (p=0.281) unlike the MPG (p = 0.007) and FPG (p <0.001). In group CG, it was not possible to diagnose grade II lesions and grade III lesions were more detected than grade I lesions (p=0.003). In MPG and FPG, with the presence of the MAR tool, furcation grade III lesions were more correctly diagnosed in relation to grade I and II. When comparing the diagnosis between images with and without MAR, the use of MAR in the MPG increased the diagnosis of grade III lesions, and the FPG reduced the diagnosis of grade I lesions. It was concluded that the MAR tool was effective only for the diagnosis of grade III furcation lesions, regardless of the intraradicular material. In grade I and II lesions its use did not bring benefits, especially in cases of teeth with fiberglass posts with grade I injury.

Key-words: Furcation defects; Diagnosis; In vitro Techniques; Cone beam computed tomography.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	12
2. DESENVOLVIMENTO .....	17
Artigo. The use of metal artifact reduction tool for detection of furcation lesions in maxillary molars: an <i>ex vivo</i> study using cone beam computed tomography. ....	17
3. APÊNDICES .....	34
3.1 Apêndice 1 .....	34
3.2 Apêndice 2 .....	45
4. ANEXOS .....	46
4.1 Anexo 1 .....	46
4.2 Anexo 2 .....	47
REFERÊNCIAS .....	48

## 1. INTRODUÇÃO

A doença periodontal consiste em processos inflamatórios que afetam os tecidos periodontais, como gengiva, ligamento periodontal, cemento e osso alveolar. É causada por biofilme bacteriano organizado sobre as raízes dentárias (1-3) e considerada uma alteração muito comum na população adulta (10% a 15% aproximadamente) e ainda mais prevalente em idosos acima de 70 anos, podendo atingir uma incidência de 70% (2-4). Os sinais clínicos incluem edema ou recessão gengival, bolsa periodontal, sangramento gengival à sondagem e presença de purulência. Todos são causados pela reação inflamatória nos tecidos periodontais, levando a reabsorção óssea alveolar progressiva e à destruição do ligamento periodontal, que ocasiona aumento da mobilidade dentária, migração patológica do dente e até mesmo sua esfoliação (2, 5, 6). A doença periodontal é a principal responsável pela perda dentária em adultos (5).

O diagnóstico da doença periodontal baseia-se no exame clínico minucioso, nos sinais e sintomas apresentados pelo paciente e na história médica e odontológica pregressa (7). No entanto, a inspeção visual durante o exame clínico pode ser enganosa pois, nem sempre a doença periodontal é acompanhada por alterações gengivais detectáveis (5). Por isso, o diagnóstico deve, principalmente, ser baseado na sondagem periodontal, para detecção da profundidade da bolsa periodontal, nível de inserção clínica, sondagem das lesões de furca e radiografias periapicais e interproximais que informam sobre o suporte ósseo (5, 8, 9).

De acordo com a *American Academy of Periodontology (1992)* a furca é definida como a região anatômica de um dente multirradicular onde as raízes se divergem (10). As lesões de furca surgem sempre quando a doença periodontal provoca a reabsorção óssea na região de bifurcação ou trifurcação de dentes multirradiculares (11). Seu diagnóstico se dá pelo uso de uma sonda curva especial para região de furca e radiografias intraorais (12). A lesões de furca

podem ser classificadas em Classe I, que corresponde à perda óssea alveolar menor que 3mm entre a região vestibulo-lingual ou méso-distal das raízes; Classe II, definida como perda óssea alveolar de 3mm ou mais, mas que não exceda toda a distância entre a superfície vestibular e lingual das raízes; e a Classe III que exhibe a perda óssea total na região da furca (13). A lesão de furca representa um grande desafio aos profissionais tanto para o diagnóstico como terapia (11, 14).

A redução da eficácia na terapia periodontal tem sido constantemente relatada nos dentes multirradiculares que possuem lesão de furca, independente da modalidade de tratamento empregada (11). Diante disso, os molares superiores acometidos por lesão de furca, apresentam um pior prognóstico a longo prazo pois essa região não oferece um acesso adequado para instrumentação devido à sua anatomia e conseqüentemente, resulta na persistência da microbiota patogênica (10, 12).

Além da dificuldade clínica do diagnóstico, como a variação da força aplicada à sondagem, os exames complementares, como as radiografias intraorais periapicais e interproximais, podem subestimar ou superestimar a quantidade de osso alveolar remanescente devido aos erros de projeção da imagem e limitações inerentes à técnica (15). O diagnóstico do defeito de furca usando somente as radiografias intraorais ou panorâmica pode ser dificultado em função da bidimensionalidade desses exames, o que ocasiona a sobreposição de estruturas adjacentes (11). A perda óssea pode ocorrer nas faces méso-distais e/ou vestibulo-linguais do dente (3) o que, por meio da imagem radiográfica bidimensional, não é possível distinguir, pois essas corticais se sobrepõem, dificultando a avaliação dos defeitos ósseos periodontais, especialmente as lesões de furca (15).

As limitações das imagens bidimensionais prejudicam uma avaliação precisa da altura óssea alveolar em relação à junção amelocementária (JCE), bem como da morfologia e extensão da lesão de furca. (2) Essas limitações podem ser eliminadas utilizando técnicas

tridimensionais (3D), como a tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC). A TCFC é uma técnica de aquisição volumétrica que fornece imagens precisas, com alta resolução milimétrica, sendo desenvolvida exclusivamente para a região bucomaxilofacial (16).

Essas imagens possibilitam a representação espacial do osso alveolar, o que afeta diretamente o prognóstico e o tratamento, pois as decisões terapêuticas se tornam mais previsíveis e acuradas (1, 17).

Várias aplicações para a TCFC dentro da Odontologia vêm sendo discutidas ao longo dos anos, assim como as diretrizes para sua indicação e uso consciente (18). Comumente, esse exame é indicado para implantodontia, cirurgia bucomaxilofacial, ortodontia, endodontia e periodontia (19, 20). Além de produzir imagens de excelente qualidade, com alta resolução e acurácia, a TCFC emite menor dose de radiação ionizante quando comparada à Tomografia Computadorizada de Multidetecores (TCMD) (21, 22). Mesmo assim, preservando a máxima do uso consciente dos exames de imagem, a TCFC deve ser indicada de acordo com a necessidade do paciente, considerando que os benefícios trazidos devem compensar os riscos (23).

Apesar da acurácia e precisão, a qualidade da imagem da TCFC depende de alguns fatores, como: quilovoltagem-pico (kVp), miliamperagem (mA), tamanho do *voxel* e o próprio detector de imagem (24). Além destes, o tamanho do campo de visão (*Field of View – FOV*) também pode influenciar, podendo ser pequeno, médio ou grande, a depender do tomógrafo utilizado e do protocolo estabelecido para aquisição. A recomendação é que o FOV exceda ligeiramente as dimensões da área de interesse para fornecer uma imagem ideal e evitar a exposição desnecessária (2), dependendo da indicação do exame.

Uma limitação importante dessa modalidade de imagem é a presença de artefatos, que correspondem a qualquer entidade visualizada na imagem reconstruída, mas que não está presente na região de interesse examinada (25). Existem vários tipos de artefatos, sendo os mais

comuns aqueles causados pela presença de metais na cavidade oral, sendo também chamados de artefatos metálicos ou endurecimento do feixe (beam hardening) (26). Vários materiais podem gerar artefatos, como por exemplo as restaurações de amálgama, implantes, pinos metálicos (1, 25, 26) e em menor extensão, os materiais obturadores do sistema de canais radiculares (27).

Em seu estudo de revisão Schulze et al. (2011) (28) descreveram que o endurecimento do feixe é o artefato mais comum observado na TCFC, sendo estes resultantes da absorção substancial dos fótons de menor energia no feixe de raios X ao atravessar o objeto estudado. Quanto mais denso e maior o número atômico do material que compõe o objeto, maior será a quantidade de feixes de raios X absorvidos (28). Os artefatos gerados pelo endurecimento do feixe são vistos como faixas escuras adjacentes às estruturas de alta densidade e podem mimetizar algumas alterações, como por exemplo traços de fraturas radiculares (16). Os artefatos metálicos observados na TCFC influenciam a qualidade da imagem através da redução do contraste, obscurecendo estruturas e prejudicando a detecção de alterações na região de interesse, dificultando o diagnóstico (29, 30).

A presença dos artefatos metálicos pode interferir negativamente no diagnóstico de diferentes condições em Odontologia. Para minimizar essas intercorrências várias ferramentas foram desenvolvidas para corrigir os diferentes tipos de artefatos gerados nas imagens adquiridas (31). A ferramenta redutora de artefatos metálicos (MAR) algoritmos matemáticos no processamento dos dados após a digitalização e durante a reconstrução da imagem. (32). De acordo com Queiroz et al., (2016) (33) esta ferramenta diminui a variabilidade dos valores de cinza e aumenta a relação contraste-ruído, tornando a qualidade da imagem melhor. Além disso, a ferramenta MAR aplica um limiar que corresponde aos valores de cinza do artefato e em seguida, uma imagem com menos artefatos é reconstruída (33). No entanto, essa ação pode

também impedir que os alguns detalhes da região de interesse sejam identificados, devido a eliminação dos efeitos do endurecimento do feixe.

A literatura sobre a detecção de lesões de furca em molares maxilares tratados endodonticamente e com retentores intra-radulares, em exames de TCFC, é limitada. Diante disso, e dos fatores relacionados à importância do diagnóstico precoce das lesões de furca, aos avanços tecnológicos na radiologia odontológica e à possibilidade de visualização tridimensional de defeitos ósseos para melhor planejamento cirúrgico, o objetivo no presente estudo *ex vivo* foi avaliar a eficácia, na presença de diferentes materiais intracanal, da ferramenta MAR em imagens de TCFC, na detecção das lesões de furca de molares superiores.



## 2. DESENVOLVIMENTO

**ARTIGO. The use of metal artifact reduction tool for detection of furcation involvement in maxillary first molars: an *ex vivo* study using cone beam computed tomography.**

Artigo submetido ao periódico “*Clinical Oral Investigations*”, Qualis CAPES A1, Fator de impacto 3.573 (ANEXO 2).

Type of manuscript: Research article.

Mayara Fidelis Bastos<sup>1</sup>, Maria Augusta Visconti<sup>2</sup>, Rafael Rocha Pinto<sup>3</sup>, Rafael Binato Junqueira<sup>4</sup>, Francielle Silvestre Verner<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Department of Pathology and Oral Diagnosis, Federal University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil. ORCID iD: 0000-0002-1470-0353

<sup>2</sup> Department of Pathology and Oral Diagnosis, Federal University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil. ORCID iD: 0000-0002-8837-8387

<sup>3</sup> Department of Pathology and Oral Diagnosis, Federal University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil. ORCID iD: 0000-0002-5061-3759

<sup>4</sup> Department of Dentistry, Federal University of Juiz de Fora/GV Campus, Governador Valadares, Brazil. ORCID iD: 0000-0002-0732-2753

<sup>5</sup> Department of Dentistry, Federal University of Juiz de Fora/GV Campus, Governador Valadares, Brazil. ORCID iD: 0000-0001-5770-316X

*Corresponding author:*

*Francielle Silvestre Verner*

*PhD, Professor*

*Department of Dentistry, Division of Oral Radiology, Federal University of Juiz de Fora, Campus GV.*

*Adress: Avenida Doutor Raimundo Rezende, 330, Sala 301, Centro, Governador Valadares, Minas Gerais, Brazil.*

*ZIP Code: 35012-140*

*Phone: +55 32 991163739*

*E-mail: franverner08@gmail.com*

**Abstract**

**Aim:** To evaluate the performance of the metal artifact reduction tool (MAR) in the detection of furcation lesions in maxillary molars endodontically treated and with different intraradicular posts through cone-beam computed tomography (CBCT) scans.

**Materials and methods:** Forty-five maxillary first molars were endodontically treated and divided into three groups (n = 15): Control - without intraradicular post; metal post; and fiberglass post. The alveolar bone, periodontal ligament and grade I, II and III furcation lesions were simulated. CBCT scans were performed with and without MAR tool. The furcation lesions were evaluated considering a 5-point scale and its degree. Data were analyzed at 5%.

**Results:** In the control group there was no influence of MAR ( $p=0.280$ ); grade II lesions were not diagnosed, and grade III lesions were the most detected ( $p=0.003$ ). In the metal post group with MAR, grade III lesions were more diagnosed than grade I and II ( $p=0.007$ ) and grade III without MAR ( $p=0.007$ ). In the fiberglass post group, the diagnosis of grade I lesions decreased with MAR ( $p<0.001$ ); and grade III lesions were the most diagnosed ( $p<0.001$ ).

**Conclusion:** The MAR tool was only effective for diagnosing grade III furcation lesions, regardless of the intraradicular material. In grade I and II lesions, its use did not improve the diagnosis, especially in teeth with fiberglass posts and grade I lesions.

**Clinical relevance:** CBCT diagnosis of furcation lesions in maxillary molars with metal artifacts is a challenge. Understanding the effectiveness of the MAR tool is essential for improving the diagnosis.

## Introduction

Periodontal disease is an infectious pathological alteration, caused by bacterial biofilm formed on the surface of teeth, leading to loss of alveolar bone and bone attachment [1]. In multirooted teeth, alveolar bone loss in the region of the bifurcation or trifurcation of the roots is known as furcation lesion [2]. Furcation lesions are a challenge in the treatment of molars with periodontal injuries [3, 4]. Therefore, an accurate assessment of the periodontal condition is essential to establish a correct diagnosis, treatment plan and prognosis [5].

In clinical dental routine, furcation lesions are diagnosed through probing and radiographically by two-dimensional images, especially periapical and bitewing techniques [4]. However, two-dimensional images have limitations such as the overlapping of adjacent anatomical structures and projection and distortion errors [6], which can hide bone defects, particularly those located on the buccal and lingual surfaces [7]. These disadvantages lead to uncertainties regarding the accuracy of the diagnosis of alveolar bone defects.

Cone-beam computed tomography (CBCT) is a more accurate and precise imaging modality, used when two-dimensional techniques are unable to provide enough data for diagnosis and treatment plan [8]. However, one of its main limitations is related to the generation of image artifacts [9].

CBCT image artifacts are defined as any entity visualized in the image reconstruction but not actually present in the examined region [10, 11]. Among the artifact types, metallic ones stand out, which can be detected as stripes, seen as linear hyperdensities radiating from a high-density object, such as amalgam restorations, implants and intracanal materials, e.g gutta-percha and intraradicular posts [9], often hampering the diagnosis [12], especially in endodontically treated teeth [13].

Seeking for correcting alterations in tomographic images caused by artifacts, the metal artifact reduction tool (MAR) was developed [14]. This is an algorithm applied during the reconstruction of tomographic images to minimize or eliminate artifacts [15], aiming to reduce the deterioration of the CBCT image quality [12]. The MAR tool reduces the variability of gray values and increases the contrast-noise ratio, improving image quality, without increasing radiation dose or working time [14]. However, there is a lack in the literature regarding studies assessing its influence on the diagnosis of periodontal injuries, such as furcation lesions.

The aim in this study was to compare, in CBCT exams, the diagnosis of furcation lesions in maxillary first molars with different intracanal luted posts, with and without the use of the MAR tool. The null hypothesis was that the use of the MAR tool does not improve the diagnosis of furcation lesions.

## Materials and methods

### *Ethical approval*

This was an *ex vivo* experimental study approved by the local Research Ethics Committee, under protocol n. 3.790.300/2019.

### *Sample preparation*

The sample of the present study consisted of human teeth from a biorepository of a public University. The sample calculation was performed by the G\* Power software (version 3.1.9.7) (Franz Faul, Universität Kiel, Germany), using the following parameters: effect size 0.5;  $\alpha$  value 0.05 and test power of 0.95, reaching the number of 45 teeth (15 teeth per group).

Only teeth with sound roots were selected through periapical radiographs. The following exclusion criteria were considered: teeth with fused roots, long root trunk, previous endodontic treatment, intraradicular posts, fractured file inside the root canals, internal or external root resorption, obliterated canals, pulp calcifications, teeth with cracks and / or root fractures.

### *Endodontic treatment*

All teeth were submitted to endodontic treatment by a specialist. The initial exploration was performed with Kerr flexofile #6, #8, #10 files (Dentsply/Maillefer, Petrópolis, RJ, Brazil). After determining the working length of each canal, the chemical-mechanical preparation was performed using hand files (#15-80 NiTiflex files, Dentsply/Maillefer, Petrópolis, RJ, Brazil). The canals were irrigated with 2.5% sodium hypochlorite (Asfer, São Caetano do Sul, São Paulo, Brazil), aspirated and dried with absorbent paper points (AllPrime, Brazil). The filling was performed with gutta-percha cones (Dentsply/Maillefer, Petrópolis, RJ, Brazil) and zinc oxide eugenol cement (Coltene, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro Brazil) using the lateral condensation technique.

### *Division of groups, preparation and cementation of intraradicular posts*

After endodontic treatment, the sample were divided into three groups (n=15): Control group - teeth filled with gutta-percha, without intraradicular post; Metal post group – teeth filled and with prefabricated metallic post (Metalpin – Angelus, Londrina, Paraná, Brazil) in the palatal root; and Fiberglass Post Group – teeth filled and with a fiberglass post (Exacto – Angelus, Londrina, Paraná, Brazil) in the palatal root.

The size of the posts was selected according to the roots' sizes, so that in all teeth the posts had a length equivalent to 2/3 of the root length. For the metallic post, the palatal canal was prepared with Largo drills (Dentsply Sirona, York, Pennsylvania, USA). For the fiberglass post, a specific drill was used according to the

manufacturer (Angelus, Londrina, Paraná, Brazil). All posts were luted with dual resinous cement (Allcem - FGM, Teresópolis, Rio de Janeiro, Brazil), according to the manufacturer's instructions.

#### ***Periodontal tissue simulation***

To simulate the radiographic aspect of the periodontal ligament space and the lamina dura in the roots, plastic wax was used (Kota, Cotia, São Paulo, Brazil), with approximately 3 mm thick, measured with a digital caliper [16] (Figure 1).

The teeth were included in a mixture of type III stone plaster (Asfer, São Caetano do Sul, São Paulo, Brazil) and sawdust, at a ratio of 1:1 [17], to simulate the bone trabeculae in the tomographic image [18]. This mixture was then distributed in cubic silicone molds of 2 x 2 x 2 cm and the teeth were included up to the cemento-enamel junction (one tooth per cube) (Figure 1).

#### ***Simulation of furcation lesions***

After complete setting of the alveolar bone simulating material, furcation lesions were simulated by wear, using Maxicut Tungsten (American Burrs, Palhoça, Santa Catarina, Brazil), spherical carbide n.8 (Angelus, Londrina, Paraná, Brazil) and long conical carbide (Angelus, Londrina, Paraná, Brazil) burs [19]. Furcation lesions were simulated following the classification by Hamp et al. (1975) [20]. Grade I lesion had less than 3mm of horizontal alveolar bone loss, grade II had 3mm or more of horizontal bone loss without involving the entire width of the furcation area, and grade III furcation lesions was characterized by “side by side” horizontal destruction, meaning complete alveolar bone loss in the furcation region. The measurement of the size of the lesions was performed using a North Carolina millimeter probe (Hu-Friedy, Rio de Janeiro, RJ, Brazil) to obtain similar dimensions for all lesions of the same degree. The wear performed respected the classification adopted (Hamp et al. 1975) [20]. The cavities created to access the furcation lesion in the plaster blocks were covered.

#### ***CBCT image acquisition***

The sample was randomized, using a code system, prior to obtaining the images (Microsoft Excel, Albuquerque, NM, USA). Then, three random plaster blocks, containing one tooth each, were placed in an acrylic box for soft tissue simulation and set at a plane adapted to the chin support of the CBCT device, so that the sample was stable during image acquisition.

All images were acquired on the Orthophos XG 3D® cone-beam tomograph (Dentsply Sirona, York, Pennsylvania, USA), with the MAR tool activated (n = 15) and disabled (n = 15), standardizing the exposure parameters (Figures 2 and 3). Images with MAR disabled: 85 kVp, 7 mA, 8 cm x 8 cm fixed FOV, 0.3 mm voxel and 14.4 s scan time. Images with MAR activated: same previous parameters, except milliamperage: 13 mA.

### ***Image evaluation***

Images were evaluated blindly and independently by four previously trained Oral Radiologists, with at least five years of experience. Assessments were performed dynamically using OnDemand3D® software (CybermedInc., South Korea) on a 24 " LCD screen (LG Electronics, Seoul, South Korea) with a screen resolution of 1920 x 1200 pixels and color depth 16-bit in a room with dimmed lighting. The use of software tools such as ruler, zoom, brightness and contrast were allowed for the examiners.

Each examiner considered the presence or absence of furcation lesions in each tooth, using the five-score Likert Scale (1 – definitely absent; 2 – probably absent; 3 – uncertainty; 4 – probably present; 5 – definitely present). In positive teeth for furcation lesions, qualified with scores 4 or 5, they also classified the degree of the lesion, according to Hamp et al. (1975) [20], in grades I, II or III. To perform the intra-examiner agreement, 20% of the sample was reassessed [21].

### ***Statistical analysis***

Statistical analysis was performed using SPSS software version 25 (SPSS Inc., Chicago, IL, United States), with a significance level of 5%. To assess the intra- and inter-examiner agreement, the Kappa and the weighted Kappa tests were applied. To assess the proportions of correct answers in relation to the reference standard, the data collected from the Likert Scale analysis were dichotomized as follows: absence of furcation lesion (scores 1, 2 and 3) and presence of furcation lesion (scores 4 and 5) [22].

The proportions of correct answers in relation to the reference standard were evaluated as a function of the degrees of furcation lesions and of the MAR tool, in each of the studied groups. The interaction between the degree of furcation lesions and MAR factors and their influence on the proportions of correct answers for the diagnosis of lesions, was evaluated using the Generalized Estimation Equations model (GEE Model). When a significant value was found, the Bonferroni post-hoc test was used.

## **Results**

The percentage of intra-examiner agreement ranged from 75% to 100%, and the Kappa index was moderate to perfect [22], for both conditions with and without the use of the MAR tool. Inter-examiner agreement ranged from slight to fair in the absence of the MAR tool (59% to 68%), and from fair to substantial with the use of the tool (79% to 92%) [22]. In general, there was an increase in inter-examiner agreement when the images were acquired with the MAR tool activated (Table 1).

Upon comparing the percentages of correct answers as a function of the examiners and the use of the MAR tool, the interaction between these factors had a great tendency towards significance ( $p = 0.05$ ), being

interpreted as significant (Table 2). It was observed that evaluator 2, when the MAR tool was disabled, had the highest percentage of correct answers, differing from the others. When the MAR tool was activated, examiners 1 and 4 had a significant increase in the proportion of correct answers, and examiners 1 and 2 had the highest percentage of correct answers, differing from the others (Table 2).

In the comparison between the proportion of correct answers related to the MAR tool and the degree of furcation lesion, as a function of the type of intraradicular material, it was observed that the interaction between the factors was not significant ( $p = 0.281$ ) for the gutta-percha group. However, in this group, the degree of furcation lesion was significant ( $p = 0.003$ ), with a lower percentage of correct answers for grade I (51.3%) compared to grade III (82%). Furthermore, in this group, the evaluators were unable to diagnose grade II furcation lesions (Table 3).

In the metal post group, there was an interaction between the factors ( $p=0.007$ ). When the MAR tool was activated, furcation lesions grade I (50%) and II (62.5%) had lower proportions of correct answers when compared to group III (95%). There was also an increase in the percentage of correct answers for grade III lesions with the use of the MAR tool (from 65% to 95%) (Table 3).

In the fiberglass post group, there was also an interaction between the factors ( $p<0.001$ ). When the MAR tool was activated, grade I and II furcation lesions presented, respectively, 50% and 71.5% of correct answers, differing from the percentage of grade III, which was 100%. When comparing the percentage of correct answers for furcation lesions with and without the MAR tool, a reduction was noted for furcation injuries grade I ( $p<0.001$ ) from 81.3%, with MAR disabled, to 50% with MAR activated. (Table 3).

## **Discussion**

Furcation lesions in maxillary molars, when not diagnosed and treated early, tend to worsen the tooth's prognosis, and may lead to its loss [23]. Through diagnosis, it is possible to estimate the amount of horizontal bone using the classification proposed by Hamp et al. (1975) [20], but the volume of this bone defect cannot be determined.

Although CBCT is not a routinely recommended exam in Periodontics, its use can be indicated in selected cases, as stated by the SEDENTEXCT project [24], such as furcation lesions, when conventional radiographs are not enough for diagnosis. Commonly, such teeth may have extensive restorations, endodontic treatment and intraradicular posts, to promote adequate retention [25]. However, one of the main limitations of

CBCT is the formation of artifacts, highlighting the hardening of the beam, caused by materials with high atomic number and high density inside the FOV, generating hypodense bands and hyperdense streaks [9].

The MAR tool aims to increase the image quality during its reconstruction [14] and it can be applied before or after the image processing. In the CBCT device used in the study, the activation of the MAR tool occurred previously the image acquisition. According to the literature, its use in pre-processing of the image leads to an increase in the radiation dose due to an increase in milliamperage (mA) [26]. Thus, it is important to investigate the influence of the MAR tool in the diagnosis, to justify its indication. In the present study, the mA values almost doubled when the MAR tool was on, compared to the tool off.

Previous studies regarding the use of the MAR tool evaluated the diagnosis of root fractures in endodontically treated teeth [27, 28] and peri-implant bone defects [8, 9]. This is the first study to evaluate such tool for the diagnosis of furcation lesions.

This study aimed to evaluate maxillary first molars endodontically treated and restored with different intraradicular posts, since endodontic materials are constituted by high-density elements [29] to present radiopacity and being distinguished from the intracanal space and dental tissues, when x-rayed [30]. Furthermore, the literature has demonstrated the negative influence of these materials in the tomographic diagnosis, due to the formation of metallic artifacts [29, 30].

Among the intracanal materials used in this study, gutta-percha is formed by an organic (low atomic number) [29] and an inorganic portion, the latter composed of barium sulfate ( $Z = 56$ ) and zinc oxide ( $Z = 30$ ) [30]. The metallic post, according to the manufacturer, is composed of a metallic alloy of copper ( $Z = 29$ ) and zinc ( $Z = 30$ ) and the fiberglass post is composed 80% of glass fibers, 20% of epoxy resin [30] and a radiopacifier added in its resinous matrix, according to the manufacturer. Due to the features of such intracanal materials, artifacts were formed in different proportions [13, 30, 31].

Although the metallic post is composed of elements with atomic numbers equal to or smaller than those of gutta-percha, it has a higher density depending on the amount of this components. When low-energy X-ray beams pass through the object, there is substantial absorption of it, causing the formation of artifacts by hardening (average energy increase) of the beam [11]. The denser the material and the greater the atomic number, the greater the portion of absorbed beams [11].

Thus, gutta-percha and fiberglass post form fewer artifacts when compared to metal post. The use of the MAR tool did not present a significant result for these groups, once the activation of the MAR tool lead to a lower percentage of correct answers for the degrees of furcation lesions when compared to the MAR disabled.



Otherwise, when evaluating only the correct answers for each degree of furcation lesion alone, important differences were found. When the MAR tool was activated, the proportion of correct answers for the grade III furcation lesion was high in the three groups. It suggests that, in addition to the grade III furcation lesion being more easily visualized in the CBCT, the MAR tool improved the diagnosis, especially in the metallic post group, as this material generates more artifacts.

In the gutta-percha group, there were no correct answers in grade II furcation lesions, regardless of MAR. According to the classification by Hamp et al. (1975) [20], grade II furcation lesions are those in which there is a horizontal bone loss greater than 3mm, but which does not completely exceed the furca. Apparently, the evaluators presented difficulty to assess this degree, which can be attributed to a possible variation in the measurement from the entry of the furcation lesion. In addition to, as mentioned above, the gutta-percha forms fewer artifacts and the MAR tool does not seem effective in such condition.

In the metallic and fiberglass post groups, there was a significant decrease in the proportion of correct answers of grade I furcation lesions when the MAR tool was activated. Previous studies have shown that artifacts form close to the high-density object [11, 32] and the MAR tool seems to homogenize the image, decreasing the extreme gray values corresponding to the artifacts [10]. The images of the grade I furcation lesion are at most 3mm in extension and, as they are close to the artifact-forming object, their gray value may have also decreased and contributed negatively to the detection of the lesion.

In general, the use of the MAR tool increased the agreement between the evaluators, ranging from regular to substantial, showing that the tool improved the image visualization, favoring the detection of furcation lesions. However, the low agreement values reinforce a difficulty in diagnosing, especially grade I lesions, even for radiologists with a long experience. These data justify the need for more studies seeking to increasingly improve the diagnosis of furcation lesions, especially in cases in which bone loss is lower, as even probing of incipient grade I lesions may generate false negative results and may not be detected by the professional [23].

According to the literature [2], the prognosis of teeth with furcation lesion depends on the degree of injury and the amount of residual bone. While molars with grade I furcation injury have a similar prognosis to molars without furcation injury, molars classified as grade II and III have a high risk of loss [2]. Therefore, the use of CBCT images can increase the chances of achieving a favorable prognosis with the maintenance of the tooth in the arch, since grade II and III lesions tend to present a worse prognosis.

Systematic reviews [1, 33] and *in vitro* studies using dry human [34] or animal [35, 36] skulls, have already demonstrated the efficacy and accuracy of CBCT for detecting periodontal alterations, including furcation

lesions. Studies with patients [37, 38] have evaluated the accuracy of CBCT to determine the degree of furcation injury in maxillary molars, its benefits, surgical evaluation, and linear measurements. They concluded that CBCT had high accuracy for detecting and classifying furcation lesions in these teeth. However, none of these works evaluated the maxillary molars with materials that generate artifacts, in which could use the MAR tool to optimize the visualization of the lesion.

Kamburoglu et al. (2015) [35] showed that the use of voxels ranging from 0.2 to 0.76 mm had no significant difference in the detection of furcation lesions. The authors suggested that a voxel smaller than 0.3 mm could be effective for the assessment of furcation lesions. Thus, the 0.3 mm voxel used in this study for CBCT image acquisition is in accordance with the recommendations of that study.

The use of type III plaster and sawdust to simulate the alveolar bone is in accordance with a previous study [18] and, despite being a limitation, was an excellent alternative to the use of dry maxilla for *in vitro* simulation of the alveolar bone. Since the sample came from a biorepository and presented varied anatomical features, the proper fitting of the teeth in the alveolar process would be impossible and the presence of empty spaces due to lack of adaptation of the teeth could be confused with furcation lesions, interfering in the results of the present study. Thus, the use of this methodology is viable for studies similar to this. Although an acrylic box was used to simulate soft tissues [39], it is important to emphasize that the real interaction of the X-ray with the patients' maxillofacial tissues could result in images with different aspects.

Considering the inherent limitations of an *ex vivo* research, further studies are suggested, especially randomized controlled clinical trials, seeking to compare different acquisition protocols and image enhancement tools for diagnosing furcation lesions in maxillary molars, considering the clinical examination as the reference standard.

## **Conclusion**

The MAR tool was only effective for diagnosing grade III furcation lesions, regardless of the intraradicular material. In grades I and II lesions, its use did not improve the diagnosis, especially in teeth with fiberglass posts and grade I lesions.

**Compliance with ethical standards**

**Conflict of interest:** Mayara Fidelis Bastos declares that she has no conflict of interest. Maria Augusta Visconti declares that she has no conflict of interest. Rafael Rocha Pinto declares that he has no conflict of interest. Rafael Binato Junqueira declares that he has no conflict of interest. Francielle Silvestre Verner declares that she has no conflict of interest.

**Funding:** There was no funding for this study.

**Ethical approval:** This study was approved by the Research Ethics Committee of Human Research of Federal University of Rio de Janeiro under protocol #3.790.300/2019. All procedures performed that involved human participants were in accordance with the ethical standards of the institutional and/or national research committee and with the 1964 Helsinki declaration and its later amendments or comparable ethical standards.

**Informed consent:** For this type of study, informed consent is not required.

## References

1. Haas LF, Zimmermann GS, De Luca Canto G, Flores-Mir C, Correa M. Precision of cone beam CT to assess periodontal bone defects: a systematic review and meta-analysis. *Dentomaxillofac Radiol.* 2018;47(2):20170084. <https://doi.org/10.1259/dmfr.20170084>
2. Dommisch H, Walter C, Dannewitz B, Eickholz P. Resective surgery for the treatment of furcation involvement: A systematic review. *J Clin Periodontol.* 2020;47 Suppl 22:375-91. <https://doi.org/10.1111/jcpe.13241>
3. Nibali L, Sun C, Akcalı A, Yeh YC, Tu YK, Donos N. The effect of horizontal and vertical furcation involvement on molar survival: A retrospective study. *J Clin Periodontol.* 2018;45(3):373-81. <https://doi.org/10.1111/jcpe.12497>
4. Zhang W, Foss K, Wang BY. A retrospective study on molar furcation assessment via clinical detection, intraoral radiography and cone beam computed tomography. *BMC Oral Health.* 2018;18(1):75. <https://doi.org/10.1186/s12903-018-0544-0>
5. de Faria Vasconcelos K, Evangelista KM, Rodrigues CD, Estrela C, de Sousa TO, Silva MA. Detection of periodontal bone loss using cone beam CT and intraoral radiography. *Dentomaxillofac Radiol.* 2012;41(1):64-9. <https://doi.org/10.1259/dmfr/13676777>
6. Acar B, Kamburoglu K. Use of cone beam computed tomography in periodontology. *World J Radiol.* 2014;6(5):139-47. <https://doi.org/10.4329/wjr.v6.i5.139>
7. Green PT, Mol A, Moretti AJ, Tyndall DA, Kohlfarber HB. Comparing the diagnostic efficacy of intraoral radiography and cone beam computed tomography volume registration in the detection of mandibular alveolar bone defects. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2019. <https://doi.org/10.1016/j.oooo.2018.12.018>
8. Kamburoglu K, Kolsuz E, Murat S, Eren H, Yuksel S, Paksoy CS. Assessment of buccal marginal alveolar peri-implant and periodontal defects using a cone beam CT system with and without the application of metal artefact reduction mode. *Dentomaxillofac Radiol.* 2013;42(8):20130176. <https://doi.org/10.1259/dmfr.20130176>
9. Bayrak S, Orhan K, Kursun Cakmak ES, Gorurgoz C, Odabasi O, Yilmaz D, et al. Evaluation of a metal artifact reduction algorithm and an optimization filter in the estimation of peri-implant dehiscence defects by using cone beam computed tomography: an in-vitro study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2020. <https://doi.org/10.1016/j.oooo.2020.02.005>
10. Freitas DQ, Fontenele RC, Nascimento EHL, Vasconcelos TV, Noujeim M. Influence of acquisition parameters on the magnitude of cone beam computed tomography artifacts. *Dentomaxillofac Radiol.* 2018;47(8):20180151. <https://doi.org/10.1259/dmfr.20180151>
11. 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. <https://doi.org/10.1259/dmfr/30642039>
12. 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. <https://doi.org/10.1016/j.oooo.2017.02.015>
13. Rosado LPL, Fagundes FB, Freitas DQ, Oliveira ML, 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. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2020.04.011>
14. Queiroz PM, Santaella GM, da Paz TD, Freitas DQ. Evaluation of a metal artefact reduction tool on different positions of a metal object in the FOV. *Dentomaxillofac Radiol.* 2017;46(3):20160366. <https://doi.org/10.1259/dmfr.20160366>

15. 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. <https://doi.org/10.1007/s00784-017-2128-9>
16. de Azevedo Vaz SL, Vasconcelos TV, Neves FS, de Freitas DQ, Haiter-Neto F. Influence of cone-beam computed tomography enhancement filters on diagnosis of simulated external root resorption. *J Endod.* 2012;38(3):305-8. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2011.10.012>
17. Reddy MS, Bruch JM, Jeffcoat MK, Williams RC. Contrast enhancement as an aid to interpretation in digital subtraction radiography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1991;71(6):763-9. [https://doi.org/10.1016/0030-4220\(91\)90289-o](https://doi.org/10.1016/0030-4220(91)90289-o)
18. Giacomini GO, Antonioli C, Tibúrcio-Machado CS, Fontana MP, Liedke GS. The use of smartphones in radiographic diagnosis: accuracy on the detection of marginal gaps. *Clin Oral Investig.* 2019;23(4):1993-6. <https://doi.org/10.1007/s00784-019-02848-6>
19. Braun X, Ritter L, Jervoe-Storm PM, Frentzen M. Diagnostic accuracy of CBCT for periodontal lesions. *Clin Oral Investig.* 2014;18(4):1229-36. <https://doi.org/10.1007/s00784-013-1106-0>
20. Hamp SE, Nyman S, Lindhe J. Periodontal treatment of multirrooted teeth. Results after 5 years. *J Clin Periodontol.* 1975;2(3):126-35. <https://doi.org/10.1111/j.1600-051x.1975.tb01734.x>
21. do Carmo WD, Verner FS, Aguiar LM, Visconti MA, Ferreira MD, Lacerda M, et al. Missed canals in endodontically treated maxillary molars of a Brazilian subpopulation: prevalence and association with periapical lesion using cone-beam computed tomography. *Clin Oral Investig.* 2020. <https://doi.org/10.1007/s00784-020-03554-4>
22. Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics.* 1977;33(1):159-74. <https://doi.org/10.2307/2529310>
23. Walter C, Weiger R, Zitzmann NU. Periodontal surgery in furcation-involved maxillary molars revisited-an introduction of guidelines for comprehensive treatment. *Clin Oral Investig.* 2011;15(1):9-20. <https://doi.org/10.1007/s00784-010-0431-9>
24. SEDENTEXCT. Radiation Protection - No 172: Cone beam CT for dental and maxillofacial radiology (Evidence-based guidelines). 2011. Available at [http://www.sedentext.eu/files/radiation\\_protection\\_172.pdf](http://www.sedentext.eu/files/radiation_protection_172.pdf) (accessed January 2021).
25. Theodosopoulou JN, Chochlidakis KM. A systematic review of dowel (post) and core materials and systems. *J Prosthodont.* 2009;18(6):464-72. <https://doi.org/10.1111/j.1532-849X.2009.00472.x>
26. Bechara BB, Moore WS, McMahan CA, Noujeim M. Metal artefact reduction with cone beam CT: an in vitro study. *Dentomaxillofac Radiol.* 2012;41(3):248-53. <https://doi.org/10.1259/dmfr/80899839>
27. Dutra KL, Pachêco-Pereira C, Bortoluzzi EA, Flores-Mir C, Lagravère MO, Corrêa M. Influence of Intracanal Materials in Vertical Root Fracture Pathway Detection with Cone-beam Computed Tomography. *J Endod.* 2017;43(7):1170-5. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.02.006>
28. Pinto MGO, Rabelo KA, Sousa Melo SL, Campos PSF, Oliveira L, Bento PM, et al. Influence of exposure parameters on the detection of simulated root fractures in the presence of various intracanal materials. *Int Endod J.* 2017;50(6):586-94. <https://doi.org/10.1111/iej.12655>
29. Gaêta-Araujo H, Nascimento EHL, Fontenele RC, Mancini AXM, Freitas DQ, Oliveira-Santos C. Magnitude of beam-hardening artifacts produced by gutta-percha and metal posts on cone-beam computed tomography with varying tube current. *Imaging Sci Dent.* 2020;50(1):1-7. <https://doi.org/10.5624/isd.2020.50.1.1>
30. Diniz de Lima E, Lira de Farias Freitas AP, Mariz Suassuna FC, Sousa Melo SL, Bento PM, Pita de Melo D. Assessment of Cone-beam Computed Tomographic Artifacts from Different Intracanal Materials on Bicroot Teeth. *J Endod.* 2019;45(2):209-13.e2. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2018.11.007>

31. Lira de Farias Freitas AP, Cavalcanti YW, Costa FCM, Peixoto LR, Maia AMA, Rovaris K, et al. Assessment of artefacts produced by metal posts on CBCT images. *Int Endod J*. 2019;52(2):223-36. <https://doi.org/10.1111/iej.12999>
32. Fontenele RC, Nascimento EHL, Santaella GM, Freitas DQ. Does the metal artifact reduction algorithm activation mode influence the magnitude of artifacts in CBCT images? *Imaging Sci Dent*. 2020;50(1):23-30. <https://doi.org/10.5624/isd.2020.50.1.23>
33. Walter C, Schmidt JC, Rinne CA, Mendes S, Dula K, Sculean A. Cone beam computed tomography (CBCT) for diagnosis and treatment planning in periodontology: systematic review update. *Clin Oral Investig*. 2020;24(9):2943-58. <https://doi.org/10.1007/s00784-020-03326-0>
34. Tayman MA, Kamburoglu K, Kucuk O, Ates FSO, Gunhan M. Comparison of linear and volumetric measurements obtained from periodontal defects by using cone beam-CT and micro-CT: an in vitro study. *Clin Oral Investig*. 2019;23(5):2235-44. <https://doi.org/10.1007/s00784-018-2665-x>
35. Kamburoglu K, Eres G, Akgun C, Yeta EN, Gulen O, Karacaoglu F. Effect of voxel size on accuracy of cone beam computed tomography-aided assessment of periodontal furcation involvement. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. 2015;120(5):644-50. <https://doi.org/10.1016/j.oooo.2015.07.030>
36. Salineiro FC, Gialain IO, Kobayashi-Velasco S, Pannuti CM, Cavalcanti MG. Detection of furcation involvement using periapical radiography and 2 cone-beam computed tomography imaging protocols with and without a metallic post: An animal study. *Imaging Sci Dent*. 2017;47(1):17-24. <https://doi.org/10.5624/isd.2017.47.1.17>
37. Walter C, Weiger R, Zitzmann NU. Accuracy of three-dimensional imaging in assessing maxillary molar furcation involvement. *J Clin Periodontol*. 2010;37(5):436-41. <https://doi.org/10.1111/j.1600-051X.2010.01556.x>
38. Zhu J, Ouyang XY. Assessing Maxillary Molar Furcation Involvement by Cone Beam Computed Tomography. *Chin J Dent Res*. 2016;19(3):145-51. <https://doi.org/10.3290/j.cjdr.a36679>
39. Caldas MP, Ramos-Perez FMM, Almeida SM, Haiter-Neto F. Comparative evaluation among different materials to replace soft tissue in oral radiology studies. *Journal of Applied Oral Science*. 2010;18:264-7. <https://doi.org/10.1590/S1678-77572010000300012>

## TABLES

Table 1 – Inter-examiner agreement and Kappa values.

Examiners	MAR disabled		MAR activated		Total	
	Agreement n (%)	Kappa (P)	Agreement n (%)	Kappa (P)	Agreement n (%)	Kappa (P)
Ex 1 X Ex 2	41 (75.93)	0.279 (0.010)	50 (92.59)	0.710 (<0.001)	91 (84.26)	0.464 (<0.001)
Ex 1 X Ex 3	37 (68.52)	0.202 (0.037)	39 (72.22)	0.328 (0.001)	76 (70.37)	0.267 (<0.001)
Ex 1 X Ex 4	32 (59.26)	0.185 (0.019)	41 (75.93)	0.374 (<0.001)	73 (67.59)	0.265 (<0.001)
Ex 2 X Ex 3	36 (66.67)	0.255 (0.058)	41 (75.93)	0.440 (<0.001)	77 (71.30)	0.344 (<0.001)
Ex 2 X Ex 4	37 (68.52)	0.370 (0.003)	43 (79.63)	0.499 (<0.001)	80 (74.07)	0.438 (<0.001)
Ex 3 X Ex 4	35 (64.81)	0.296 (0.024)	38 (70.37)	0.366 (0.007)	73 (67.59)	0.328 (0.001)

Table 2 – Comparison of relative frequency of correct answers in relation to the examiners and the use of MAR.

Examiners	MAR		Total % [IC95%]	P <sub>Examiner</sub>	P <sub>MAR</sub>	P <sub>Interaction</sub>
	disabled % [IC95%]	activated % [IC95%]				
Ex 1	70.4Ab [59.6; 79.6]	81.5Bab [69.2; 90.2]	76.3 [65.3; 85]	<0.001	0.079	0.050
Ex 2	90.7Aa [81.8; 95.9]	88.9Aa [79.9; 94.6]	89.8 [82.7; 94.5]			
Ex 3	63Ab [48; 76.2]	61.1Ab [44.2; 76.1]	62 [47.1; 75.4]			
Ex 4	50Ab [36.5; 63.5]	64.8Bb [52.3; 75.9]	57.5 [45.4; 69]			
Total	70.8 [64.3; 76.7]	75.6 [69.2; 81.2]				

Generalized Estimating Equations model (GEE);

Outcome: % of hits (Binary Probit Distribution);

Distinct lowercase letters represent statistically different proportions of correct answers comparing examiners and fixing MAR;

Distinct capital letters represent statistically different proportions of correct answers comparing MAR and fixing examiners.

Table 3 – Comparison of relative frequency of correct answers in relation to the MAR tool and the degree of furcation lesion.

Degree	MAR disabled	MAR activated	Total	P <sub>MAR</sub>	P <sub>Degree</sub>	P <sub>Interaction</sub>
	% [IC95%]	% [IC95%]	% [IC95%]			
<b>Group 1 – CONTROL</b>						
I	47.5 [32.6; 62.8]	55 [39.6; 69.7]	51.3* [37.8; 64.6]	0.068	0.003	0.281
II	-	-	-			
III	70.8 [49.3; 86.7]	90 [70.3; 97.9]	82# [66.9; 91.8]			
Total	59.6 [46; 72.1]	75.9 [61.1; 87]				
<b>Group 2 – METAL POST</b>						
I	75A [39.4; 94.7]	50Aa [19.3; 80.7]	63.2 [32; 87.3]	0.477	0.198	0.007
II	66.7A [50.1; 80.5]	62.5Aa [45.1; 77.7]	64.6 [49.4; 77.8]			
III	65A [42.9; 82.9]	95Bb [76.4; 99.5]	84.5 [65.6; 94.8]			
Total	69 [54.1; 81.3]	74.4 [58.2; 86.5]				
<b>Group 3 – FIBERGLASS POST</b>						
I	81.3A [57.6; 94.3]	50Ba [23.9; 76.1]	67.1 [42.4; 86]	<0.001	<0.001	<0.001
II	67.9A [49.2; 82.8]	71.4Aa [52.9; 85.5]	69.7 [53.2; 82.8]			
III	90A [70.3; 97.9]	100Ab [100; 100]	100 [100; 100]			
Total	81 [69.2; 89.5]	99.5 [98.3; 99.9]				

Generalized Estimating Equations model (GEE);

Distinct lowercase letters represent statistically different proportions of correct answers comparing lesion degree and fixing MAR;

Distinct capital letters represent statistically different proportions of correct answers comparing MAR and fixing lesion degree;

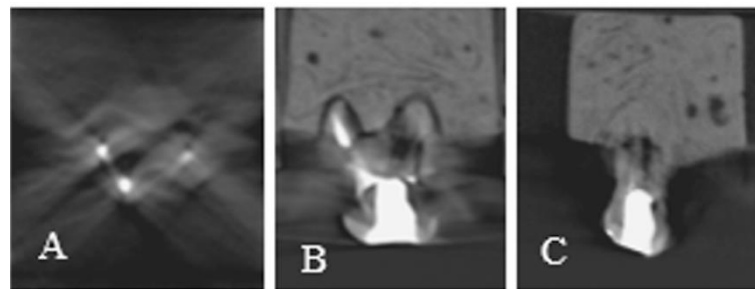
Distinct symbols represent statistically different total hit ratios comparing lesion degree.



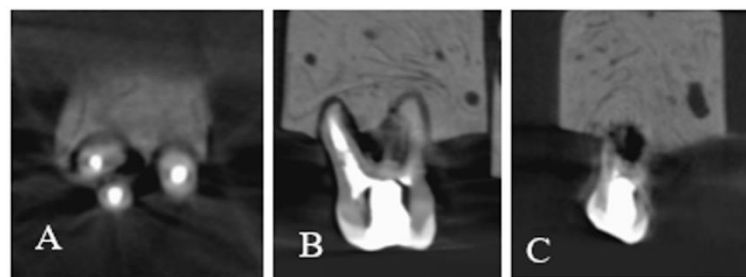
## FIGURES



**Fig. 1** A: Simulation of the periodontal ligament. B: Teeth being included in the mixture of type III stone plaster and sawdust to simulate the bone trabeculae in the tomographic image. C: Teeth included up to cemento-enamel junction. D: CBCT aspect of the simulated tissues.



**Fig. 2** CBCT images with MAR tool disabled of a maxillary first molar with grade III furcation lesion. A: axial slice. B: sagittal slice. C: coronal slice.



**Fig. 3** CBCT images with MAR tool activated of a maxillary first molar with grade III furcation lesion. A: axial slice. B: sagittal slice. C: coronal slice.

### **3. APÊNDICES**

#### **3.1 Apêndice 1**

##### **Metodologia Estendida**

Trata-se de um estudo experimental *in vitro*, previamente aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP/HUCFF-UFRJ) sob o parecer 3.790.300/2019 (Anexo 1).

##### **1. Amostra**

A amostra do presente estudo foi composta por dentes humanos pertencentes ao biorrepositório do Setor de Radiologia Oral da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. A identificação do material não se faz possível, pois os mesmos foram cedidos ao Setor há muitos anos, não havendo possibilidade de identificação ou qualquer outra forma de registro.

Com auxílio do software G\* Power (versão 3.1.9.7) (Franz Faul, Universität Kiel, Germany), foi realizado o cálculo amostral adotando os seguintes parâmetros: tamanho do efeito 0,5, valor de  $\alpha$  0.05 e poder do teste de 0,95. Chegou-se ao n=45 dentes.

O estudo foi realizado utilizando 45 primeiros molares superiores humanos (Figura 1). Como critério de elegibilidade, foram selecionados primeiros molares superiores que apresentassem raízes híginas. Foram excluídos os dentes que apresentaram raízes fusionadas, troncos radiculares alongados tratamento endodôntico prévio, retentores intrarradiculares, lima fraturada nos canais radiculares, reabsorção radicular interna ou externa, canais obliterados, calcificações pulpares, dentes com trincas e fraturas radiculares, que foram identificadas pela

técnica de transiluminação com LED de alta potência  $1200\text{mW}/\text{cm}^2$  (Radii Cal, SDI, Victoria, Austrália).



Figura 1: Os 45 primeiros molares maxilares selecionados.

## 2. Preparo dos dentes da amostra

Os dentes selecionados foram colocados em potes fechados com água destilada para que permanecessem hidratados. A primeira etapa do trabalho se deu por raspagens radiculares para eliminação de cálculos dentários e remanescentes de cimento. A raspagem foi inicialmente realizada com ultrassom, seguido de raspagem manual com curetas para eliminação de pequenos cálculos e promoção de alisamento radicular (Figura 2).



Figura 2: Raspagem e alisamento radicular.

## 2.1 Preparo endodôntico dos dentes

Em seguida, passou-se para etapa do tratamento endodôntico utilizando a técnica de Oregon, também conhecida como técnica cérvico-apical ou *Crown-down pressureless*. O acesso endodôntico foi realizado com motor de alta rotação e ponta diamantada esférica FG 1015 HL (KG Sorensen, Barueri, São Paulo, Brasil) na direção de trepanação até queda no vazio e remoção do teto da câmara pulpar. A forma de conveniência triangular nos molares superiores foi delimitada, visando propiciar melhores condições de luminosidade e acesso (Figura 3).



Figura 3: Acesso endodôntico.

Em seguida, foi realizado o esvaziamento da câmara pulpar e conseqüentemente, a localização da entrada dos canais radiculares. A exploração inicial foi realizada com limas Kerr flexofile #6, #8, #10 (Dentsply/Maillefer, Petrópolis, RJ, Brazil ) (Figura 4).



Figura 4: Exploração com lima Kavo Kerr.

Após a determinação do comprimento real de trabalho (CRT) de cada canal radicular, foi iniciado o preparo químico-mecânico por meio de instrumentação manual (#15-80 NiTiflex files, Dentsply/Maillefer, Petrópolis, RJ, Brazil). Os canais foram irrigados com hipoclorito de sódio 2,5% (Asfer, São Caetano do Sul, São Paulo, Brasil) e os condutos radiculares foram aspirados e secos com cone de papel absorvente (AllPrime, Brasil). A obturação dos canais se deu com cones de guta-percha (Dentsply/Maillefer, Petrópolis, RJ, Brasil) e cimento de óxido de zinco e eugenol (Coltene, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro Brasil) pela técnica da condensação lateral.

## **2.2 Preparo para instalação dos retentores intra-radiculares**

Após o tratamento endodôntico, os 45 dentes foram divididos em três grupos, sendo um controle e dois experimentais, contendo 15 dentes em cada um: Grupo controle - dentes obturados endodonticamente com guta-percha, sem pinos intra-radiculares; Grupo pino metálico – dentes obturados endodonticamente e com pino metálico pré-fabricado (Metalpin – Angelus, Londrina, Paraná, Brasil) na raiz palatina; e Grupo pino de fibra de vidro – dentes obturados endodonticamente e com pino de fibra de vidro (Exacto – Angelus, Londrina, Paraná, Brasil) na raiz palatina. O tamanho dos pinos foi selecionado de acordo com o tamanho das raízes, para que em todos os dentes os pinos ficassem com comprimento equivalente à 2/3 do comprimento radicular. Para o pino metálico, o canal palatino foi desobstruído com brocas Largo (Dentsply Sirona, York, Pennsylvania, United States). Já para o pino de fibra de vidro, foi utilizada a broca calibradora fornecida pelo fabricante no kit.

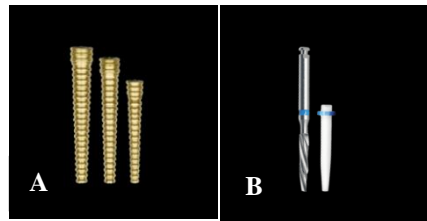


Figura 5: Retentores intrarradiculares.  
**A:** Pino metálico. **B:** Pino de fibra de vidro e broca calibradora.

### 2.2.1 Cimentação dos pinos

Os dentes que receberam os pinos de fibra de vidro passaram pela etapa química, onde o canal radicular sofreu condicionamento com ácido fosfórico 37% (Angelus, Londrina, Paraná, Brasil) por 15 segundos. O ácido foi aspirado, o conduto foi lavado com água por 15 segundos, aspirado com sugador endodôntico e o excesso de umidade foi removido com cones de papel absorvente. Foi aplicado o adesivo (Maquira, Maringá, Paraná, Brasil) com *microbrush* no interior do conduto. O pino de fibra de vidro foi limpo com álcool, de acordo com as recomendações do fabricante e, em seguida, foi aplicado o silano (Angelus, Londrina, Paraná, Brasil) por 1 minuto. A cimentação dos pinos metálicos e de fibra de vidro foi realizada com o cimento resinoso dual (Allcem – FGM, Teresópolis, Rio de Janeiro, Brasil), que foi fotoativado por 40 segundos (Schuster, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil), conforme orientado pelo fabricante. O pino de fibra de vidro foi cortado com a broca fornecida pelo fabricante no kit.

### 2.3 Simulação de ligamento periodontal

Para simular o espaço referente ao ligamento periodontal radicular, foi utilizada a cera plástica (Kota, Cotia, São Paulo, Brasil), com espessura de 3mm aferida com espcímetro (34). A cera foi colocada em recipiente para que fosse derretida e a porção radicular dos dentes,

com limite coronal na junção amelocementária, foi imersa duas vezes. Após a secagem, os excessos de cera foram removidos das raízes e pequena escultura foi realizada para tornar a superfície da cera regular (Figura 6).



Figura 6: Aspecto final das raízes cobertas com a cera.

#### **2.4 Simulação do osso alveolar**

Os dentes foram então incluídos em uma mistura de gesso pedra tipo III (Asfer, São Caetano do Sul, São Paulo, Brasil) e serragem, na proporção de 1:1 (35), com o intuito de simular o trabeculado ósseo na imagem tomográfica (36). Em seguida, essa mistura foi distribuída em formas de silicone com cubos de 2 x 2 x 2 cm, para que ficassem padronizadas (Figura 7). Cada cubo tinha um dente incluído até a junção amelocementária (Figura 8).



Figura 7: Dentes incluídos em blocos de gesso com serragem.



Figura 8: Aspecto final do bloco de gesso.

### 2.5 Criação das lesões de furca

Com os dentes incluídos em blocos de gesso, e com auxílio da peça de mão reta, as lesões de furca foram fabricadas por desgaste utilizando brocas de Tugnstênio Maxicut (American Burrs, Palhoça, Santa Catarina, Brasil), broca esférica carbide nº 8 (Angelus, Londrina, Paraná, Brasil) e broca carbide cônica longa (Angelus, Londrina, Paraná, Brasil) (17, 22, 37).



As lesões de furca foram criadas seguindo a classificação de Hamp et al. (1975). Portanto, as lesões Classe I apresentaram menos de 3mm de perda óssea alveolar horizontal, as lesões de Classe II apresentaram 3mm ou mais de perda óssea horizontal sem envolver toda a largura da área de furca e por fim, as lesões de furca Grau III, que se caracterizam pela destruição horizontal “lado a lado”, ou seja, perda óssea alveolar completa na região da furca. A medição do tamanho das lesões foi feita com sonda milimetrada Carolina do Norte (Hufriedy, Rio de Janeiro, RJ, Brasil), para que todas as lesões do mesmo grau tivessem dimensões semelhantes (Figura 9).

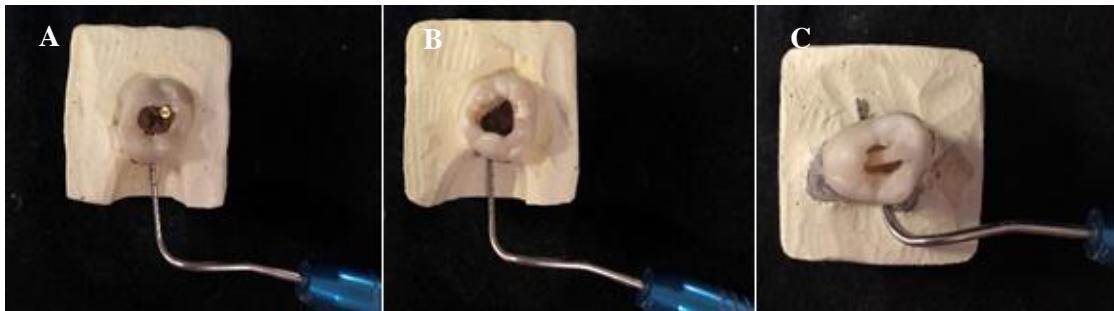


Figura 9: Uso da sonda milimetrada para medição das lesões. **A:** Menor que 3mm. **B:** Igual ou maior que 3mm sem comunicação. **C:** Comunicação entre furcas (fora a fora).

A cavidade oclusal dos molares, criadas a partir do acesso endodôntico, foram restauradas com material obturador provisório (Villevie, Joinville, Santa Catarina, Brasil) para que não mimetizem o material obturador e/ou retentor intraradicular. As cavidades realizadas para o acesso da lesão de furca nos blocos de gesso, foram recobertas com cera utilidade, para que os blocos não fossem identificados antes da aquisição da imagem.

Os blocos de gesso com os molares incluídos foram considerados o padrão-ouro, pois a criação das lesões de furca e sua mensuração foram realizadas no modelo, uma vez que a detecção da lesão de furca nos pacientes se dá por exame clínico através da sondagem periodontal, é a principal forma de detecção e mensuração de perda óssea alveolar. Em relação

aos materiais intracanal, o grupo de dentes que foram obturados com guta-percha foram considerados o grupo controle do estudo pois, não possuíam nenhum retentor intrarradicular, que são o principal objeto do estudo por sua geração de artefatos metálicos.

### 3. Obtenção das imagens por TCFC

Os dentes foram aleatorizados, utilizando um sistema de códigos, previamente à obtenção das imagens (Microsoft Excel, Albuquerque, NM, USA). Após a codificação, três blocos de gesso, contendo um dente cada, foram posicionados no aparelho de forma aleatória, independentemente do grupo. Os conjuntos de blocos foram posicionados em uma caixa de acrílico para simulação dos tecidos moles e colocados sobre um plano adaptado ao apoio de mento do aparelho, para que a amostra ficasse estável durante a obtenção da imagem.

Todas as imagens foram obtidas no tomógrafo de feixe cônico Orthophos XG 3D<sup>®</sup> (Dentsply Sirona, York, Pennsylvania, United States) “sem” e “com” o uso da ferramenta MAR, padronizando os parâmetros de exposição. “Sem” MAR: 85 kVp, 7 mA, campo de visão (Field of View – FOV) fixo de 8 cm x 8 cm, *voxel* de 0,3 mm e tempo de escaneamento de 14,4 s; e “com” MAR: mesmos parâmetros anteriores, exceto a miliamperagem que variou de 7 para 13 mA. Foram realizados um total de 30 exames tomográficos, sendo 15 sem ativar a MAR (Figura 10) e 15 com a MAR ativada (Figura 11).

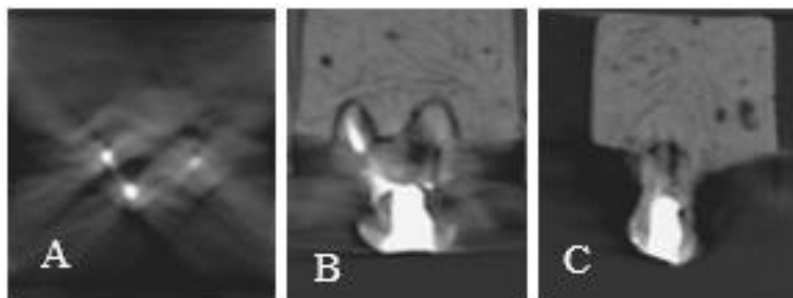


Figura10: Cortes de TCFC de primeiro molar superior com lesão de furca grau III com a ferramenta MAR desativada. **A:** Corte axial. **B:** Corte sagital. **C:** Corte coronal.

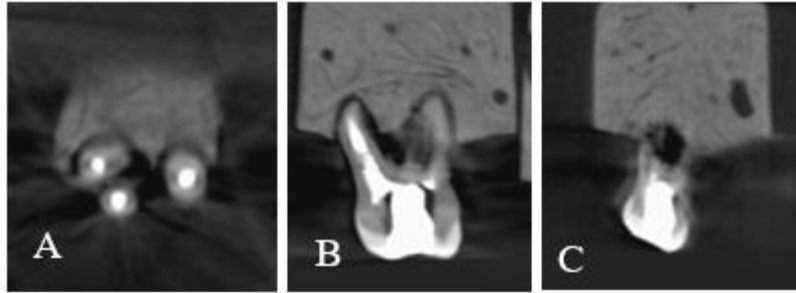


Figura 11: Cortes de TCFC de primeiro molar superior com lesão de furca grau III com a ferramenta MAR ativada. **A:** Corte axial. **B:** Corte sagital. **C:** Corte coronal.

### 3.1 Avaliação das imagens

As imagens obtidas foram avaliadas cegamente por quatro examinadores, radiologistas com experiência em imagens tomográficas, de forma independente, que foram previamente treinados utilizando o software OnDemand3D<sup>®</sup> (CybermedInc., Coréia do Sul). Todas as reconstruções multiplanares (MPRs) (cortes axial, coronal e sagital) foram disponibilizadas para a avaliação, sempre em ambiente com pouca luz e utilizando o mesmo monitor de alta resolução. O uso de recursos do software como a régua, zoom, brilho e contraste foram permitidos aos examinadores.

Cada examinador avaliou as imagens quanto à presença ou ausência das lesões de furca, em cada um dos dentes, utilizando a Escala tipo Likert, valorada em cinco escores (1 – definitivamente ausente; 2 – provavelmente ausente; 3 – incerteza; 4 – provavelmente presente; 5 – definitivamente presente). Nos dentes positivos para a lesão de furca, qualificados com escores 4 ou 5, os examinadores classificaram o grau da lesão de furca, de acordo com a classificação de Hamp et al. (1975). Para realizar a concordância examinador, 20% da amostra foi reavaliada (38), totalizando seis exames, sendo três com MAR e três sem.

#### 4. Análise estatística

A análise estatística foi realizada no *software* SPSS versão 25 (SPSS Inc., Chicago, IL, Estados Unidos), com o valor de  $\alpha= 0,05$ . Para avaliar a concordância intra e inter-examinador foi aplicado o teste Kappa e Kappa ponderado. Para avaliação das proporções de acertos em relação ao padrão-ouro, os dados coletados a partir da análise da escala Likert foram dicotomizados da seguinte forma: ausência de lesão (escores 1, 2 e 3) e presença de lesão (4 e 5) (39). Foram avaliadas as proporções de acertos em relação ao padrão-ouro, dos graus das lesões de furca com a presença ou ausência da ferramenta MAR, a interação entre o grau da lesão de furca e a ferramenta MAR e a interação entre os grupos de material obturador/retentor intrarradicular e a ferramenta MAR, através do modelo de Equações de Estimações Generalizadas (Modelo GEE). Quando um valor significativo foi encontrado, o teste post-hoc de Bonferroni foi utilizado para identificar as categorias distintas.

### 3.2 Apêndice 2

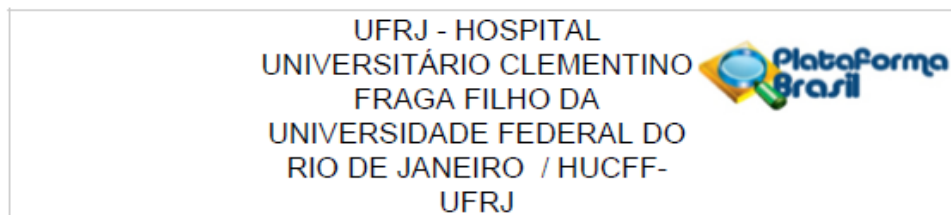
Criação de Procedimento Operacional Padrão (POP) para simulação radiográfica de osso alveolar utilizando gesso tipo III e serragem.



## 4. ANEXOS

### 4.1 Anexo 1

Parecer de aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Universitário Clementino Fraga Filho, da Universidade Federal do Rio de Janeiro (CEP/HUCFF/UFRJ).



#### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

##### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** Precisão da tomografia computadorizada de feixe cônico na avaliação da perda óssea entre as raízes dos dentes: um estudo in vitro.

**Pesquisador:** Maria Augusta Visconti Rocha Pinto

**Área Temática:**

**Versão:** 1

**CAAE:** 25797419.3.0000.5257

**Instituição Proponente:** UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

**Patrocinador Principal:** UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

##### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 3.790.300

**Apresentação do Projeto:**

Protocolo 416-19 recebido em 15.11.2019.

**Situação do Parecer:**

Aprovado

RIO DE JANEIRO, 24 de Dezembro de 2019

---

Assinado por:  
Carlos Alberto Guimarães  
(Coordenador(a))

## 4.2 Anexo 2

Comprovante de submissão do artigo ao periódico “*Clinical Oral Investigations*”.

### Clinical Oral Investigations

The use of metal artifact reduction tool for detection of furcation lesions in maxillary molars: an ex vivo study using cone beam computed tomography

--Manuscript Draft--

Manuscript Number:	
Full Title:	The use of metal artifact reduction tool for detection of furcation lesions in maxillary molars: an ex vivo study using cone beam computed tomography
Article Type:	Original Article
Corresponding Author:	Francielle Silvestre Vemer, Ph.D. Federal University of Juiz de de Fora, GV Campus Governador Valadares, Minas Gerais BRAZIL
Corresponding Author Secondary Information:	
Corresponding Author's Institution:	Federal University of Juiz de de Fora, GV Campus
Corresponding Author's Secondary Institution:	
First Author:	Mayara Fidelis Bastos
First Author Secondary Information:	
Order of Authors:	Mayara Fidelis Bastos
	Maria Augusta Visconti
	Rafael Rocha Pinto
	Rafael Binato Junqueira
	Francielle Silvestre Vemer, Ph.D.

## REFERÊNCIAS

1. Acar B, Kamburoglu K. Use of cone beam computed tomography in periodontology. *World J Radiol.* 2014;6(5):139-47.
2. Kim DM, Bassir SH. When Is Cone-Beam Computed Tomography Imaging Appropriate for Diagnostic Inquiry in the Management of Inflammatory Periodontitis? An American Academy of Periodontology Best Evidence Review. *J Periodontol.* 2017;88(10):978-98.
3. Haas LF, Zimmermann GS, De Luca Canto G, Flores-Mir C, Correa M. Precision of cone beam CT to assess periodontal bone defects: a systematic review and meta-analysis. *Dentomaxillofac Radiol.* 2018;47(2):20170084.
4. Green PT, Mol A, Moretti AJ, Tyndall DA, Kohltfarber HB. Comparing the diagnostic efficacy of intraoral radiography and cone beam computed tomography volume registration in the detection of mandibular alveolar bone defects. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2019.
5. Listgarten MA. Pathogenesis of periodontitis. *J Clin Periodontol.* 1986;13(5):418-30.
6. Flemmig TF. Periodontitis. *Annals of Periodontology* 1999. p. 32-7.
7. Choi IGG, Cortes ARG, Arita ES, Georgetti MAP. Comparison of conventional imaging techniques and CBCT for periodontal evaluation: A systematic review. *Imaging Sci Dent.* 2018;48(2):79-86.
8. Misch KA, Yi ES, Sarment DP. Accuracy of cone beam computed tomography for periodontal defect measurements. *J Periodontol.* 2006;77(7):1261-6.
9. Qiao J, Wang S, Duan J, Zhang Y, Qiu Y, Sun C, et al. The accuracy of cone-beam computed tomography in assessing maxillary molar furcation involvement. *J Clin Periodontol.* 2014;41(3):269-74.
10. Al-Shammari KF, Kazor CE, Wang HL. Molar root anatomy and management of furcation defects. *J Clin Periodontol.* 2001;28(8):730-40.
11. Kamburoglu K, Eres G, Akgun C, Yeta EN, Gulen O, Karacaoglu F. Effect of voxel size on accuracy of cone beam computed tomography-aided assessment of periodontal furcation involvement. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2015;120(5):644-50.
12. Walter C, Weiger R, Zitzmann NU. Accuracy of three-dimensional imaging in assessing maxillary molar furcation involvement. *J Clin Periodontol.* 2010;37(5):436-41.
13. Hamp SE, Nyman S, Lindhe J. Periodontal treatment of multirrooted teeth. Results after 5 years. *J Clin Periodontol.* 1975;2(3):126-35.
14. Salineiro FC, Gialain IO, Kobayashi-Velasco S, Pannuti CM, Cavalcanti MG. Detection of furcation involvement using periapical radiography and 2 cone-beam computed tomography



imaging protocols with and without a metallic post: An animal study. *Imaging Sci Dent.* 2017;47(1):17-24.

15. Vandenberghe B, Jacobs R, Yang J. Detection of periodontal bone loss using digital intraoral and cone beam computed tomography images: an in vitro assessment of bony and/or infrabony defects. *Dentomaxillofac Radiol.* 2008;37(5):252-60.

16. Kamburoglu K, Kolsuz E, Murat S, Eren H, Yuksel S, Paksoy CS. Assessment of buccal marginal alveolar peri-implant and periodontal defects using a cone beam CT system with and without the application of metal artefact reduction mode. *Dentomaxillofac Radiol.* 2013;42(8):20130176.

17. Braun X, Ritter L, Jervoe-Storm PM, Frentzen M. Diagnostic accuracy of CBCT for periodontal lesions. *Clin Oral Investig.* 2014;18(4):1229-36.

18. Walter C, Schmidt JC, Dula K, Sculean A. Cone beam computed tomography (CBCT) for diagnosis and treatment planning in periodontology: A systematic review. *Quintessence International.* 2016;47:13.

19. Kamburoglu K, Kolsuz E, Kurt H, Kilic C, Ozen T, Paksoy CS. Accuracy of CBCT measurements of a human skull. *J Digit Imaging.* 2011;24(5):787-93.

20. Kamburoglu K, Murat S, Kolsuz E, Kurt H, Yuksel S, Paksoy C. Comparative assessment of subjective image quality of cross-sectional cone-beam computed tomography scans. *J Oral Sci.* 2011;53(4):501-8.

21. Bechara B, McMahan CA, Geha H, Noujeim M. Evaluation of a cone beam CT artefact reduction algorithm. *Dentomaxillofac Radiol.* 2012;41(5):422-8.

22. Bayat S, Talaeipour AR, Sarlati F. Detection of simulated periodontal defects using cone-beam CT and digital intraoral radiography. *Dentomaxillofac Radiol.* 2016;45(6):20160030.

23. Kamburoglu K. Use of dentomaxillofacial cone beam computed tomography in dentistry. *World J Radiol.* 2015;7(6):128-30.

24. Tayman MA, Kamburoglu K, Kucuk O, Ates FSO, Gunhan M. Comparison of linear and volumetric measurements obtained from periodontal defects by using cone beam-CT and micro-CT: an in vitro study. *Clin Oral Investig.* 2019;23(5):2235-44.

25. Freitas DQ, Fontenele RC, Nascimento EHL, Vasconcelos TV, Noujeim M. Influence of acquisition parameters on the magnitude of cone beam computed tomography artifacts. *Dentomaxillofac Radiol.* 2018;47(8):20180151.

26. Candemil AP, Salmon B, Freitas DQ, Ambrosano GMB, Haiter-Neto F, Oliveira ML. Are metal artefact reduction algorithms effective to correct cone beam CT artefacts arising from the exomass? *Dentomaxillofac Radiol.* 2019;48(3):20180290.

27. Diniz de Lima E, Lira de Farias Freitas AP, Mariz Suassuna FC, Sousa Melo SL, Bento PM, Pita de Melo D. Assessment of Cone-beam Computed Tomographic Artifacts from Different Intracanal Materials on Biorooted Teeth. *J Endod.* 2019;45(2):209-13.e2.

28. 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.
29. Bechara BB, Moore WS, McMahan CA, Noujeim M. Metal artefact reduction with cone beam CT: an in vitro study. *Dentomaxillofac Radiol.* 2012;41(3):248-53.
30. Nikolic-Jakoba N, Spin-Neto R, Wenzel A. Cone-Beam Computed Tomography for Detection of Intra-bony and Furcation Defects: A Systematic Review Based on a Hierarchical Model for Diagnostic Efficacy. *J Periodontol.* 2016;87(6):630-44.
31. Fontenele RC, Nascimento EHL, Santaella GM, Freitas DQ. Does the metal artifact reduction algorithm activation mode influence the magnitude of artifacts in CBCT images? *Imaging Sci Dent.* 2020;50(1):23-30.
32. Bayrak S, Orhan K, Kursun Cakmak ES, Gorurgoz C, Odabasi O, Yilmaz D, et al. Evaluation of a metal artifact reduction algorithm and an optimization filter in the estimation of peri-implant dehiscence defects by using cone beam computed tomography: an in-vitro study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2020.
33. Queiroz PM, Santaella GM, da Paz TD, Freitas DQ. Evaluation of a metal artefact reduction tool on different positions of a metal object in the FOV. *Dentomaxillofac Radiol.* 2017;46(3):20160366.
34. de Azevedo Vaz SL, Vasconcelos TV, Neves FS, de Freitas DQ, Haiter-Neto F. Influence of cone-beam computed tomography enhancement filters on diagnosis of simulated external root resorption. *J Endod.* 2012;38(3):305-8.
35. Reddy MS, Bruch JM, Jeffcoat MK, Williams RC. Contrast enhancement as an aid to interpretation in digital subtraction radiography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1991;71(6):763-9.
36. Giacomini GO, Antonioli C, Tibúrcio-Machado CS, Fontana MP, Liedke GS. The use of smartphones in radiographic diagnosis: accuracy on the detection of marginal gaps. *Clin Oral Investig.* 2019;23(4):1993-6.
37. Bagis N, Kolsuz ME, Kursun S, Orhan K. Comparison of intraoral radiography and cone-beam computed tomography for the detection of periodontal defects: an in vitro study. *BMC Oral Health.* 2015;15:64.
38. do Carmo WD, Verner FS, Aguiar LM, Visconti MA, Ferreira MD, Lacerda M, et al. Missed canals in endodontically treated maxillary molars of a Brazilian subpopulation: prevalence and association with periapical lesion using cone-beam computed tomography. *Clin Oral Investig.* 2020.
39. Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics.* 1977;33(1):159-74.