

**UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL – UCS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA SAÚDE**

ÉRICA POZO MAUTONE

**ANÁLISE DE DIFERENTES PROTOCOLOS DE APARELHOS DE
TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA DE FEIXE CÔNICO NA
IDENTIFICAÇÃO DE FRATURAS RADICULARES VERTICAIS**

CAXIAS DO SUL
2024

UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL - UCS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA SAÚDE

ÉRICA POZO MAUTONE

**ANÁLISE DE DIFERENTES PROTOCOLOS DE APARELHOS DE
TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA DE FEIXE CÔNICO NA
IDENTIFICAÇÃO DE FRATURAS RADICULARES VERTICAIS**

Tese apresentada à Universidade de
Caxias do Sul, para obtenção do título de
doutora em Ciências da Saúde.

Orientador: Prof. Dr. Cláudio Antônio
Perottoni

Coorientador: Prof. Dr. Thiago de Oliveira
Gamba

CAXIAS DO SUL
2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Universidade de Caxias do Sul
Sistema de Bibliotecas UCS - Processamento Técnico

M459a Mautone, Érica Pozo

Análise de diferentes protocolos de aparelhos de tomografia computadorizada de feixe cônico na identificação de fraturas radiculares verticais [recurso eletrônico] / Érica Pozo Mautone. – 2024.

Dados eletrônicos.

Tese (Doutorado) - Universidade de Caxias do Sul, Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde, 2024.

Orientação: Cláudio Antônio Perottoni.

Coorientação: Thiago de Oliveira Gamba.

Modo de acesso: World Wide Web

Disponível em: <https://repositorio.ucs.br>

1. Tomografia computadorizada de feixe cônico. 2. Dentes - Fraturas. 3. Doença periodontal. I. Perottoni, Cláudio Antônio, orient. II. Gamba, Thiago de Oliveira, coorient. III. Título.

CDU 2. ed.: 616-073.7

Catalogação na fonte elaborada pela(o) bibliotecária(o)
Carolina Machado Quadros - CRB 10/2236

ANÁLISE DE DIFERENTES PROTOCOLOS DE APARELHOS DE TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA DE FEIXE CÔNICO NA IDENTIFICAÇÃO DE FRATURAS RADICULARES VERTICAIS

Tese de Doutorado submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde da Universidade de Caxias do Sul, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de doutora em Ciências da Saúde. Linha de Pesquisa: Investigação clínica e epidemiológica.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Tiago André Fontoura de Melo
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Dr. Leandro Luis Corso
Universidade de Caxias do Sul

Prof. Dr. Fernando Branco Barletta
Universidade Luterana do Brasil

Prof. Dr. Thiago de Oliveira Gamba
Universidade de Caxias do Sul
Professor-coorientador

Prof. Dr. Cláudio Antônio Perotoni
Universidade de Caxias do Sul
Professor-orientador - Presidente da Banca Examinadora

CAXIAS DO SUL
2024

**UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
CIÊNCIAS DA SAÚDE**

**COORDENADOR DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA
SAÚDE**

PROF. DR. JOSÉ MAURO MADI

Dedicatória

Dedico esta tese à minha amada filha, Martina, que esteve presente desde o início desta jornada, inicialmente durante a gestação e, mais tarde, presencialmente nas aulas síncronas que ocorreram durante a pandemia enquanto ela ainda era recém-nascida. Espero que os momentos de ausência não tenham sido tão sofridos e que, em um futuro, o meu exemplo sirva de inspiração para que ela batalhe pelos seus sonhos.

Dedico, ainda, aos meus pais Sandra e Luiz, que sempre me incentivaram e me apoiaram em todas as minhas decisões e etapas da vida e foram a rede de apoio que possibilitou que eu sempre seguisse em frente. Obrigada por tudo que fizeram e fazem por mim.

Agradecimentos

À Deus, pela minha vida, pela família, pela saúde, por me guiar pelos melhores caminhos e por proporcionar as melhores oportunidades.

Ao meu pai, Luiz, meu grande incentivador a seguir no meio acadêmico, pelo amor, incentivo, apoio, por nunca me deixar desistir e por sempre ter as palavras certas nos momentos difíceis.

À minha mãe, Sandra, pelo amor, dedicação e carinho para cuidar de mim e, principalmente, da Martina quando eu estive ausente.

À Universidade de Caxias do Sul pela oportunidade de fazer parte de um curso de doutorado de excelência.

Ao Prof. Dr. Claudio Antônio Perottoni, meu orientador, e ao Prof. Dr. Thiago de Oliveira Gamba, meu coorientador, pela atenção, disponibilidade, ensinamentos e incentivos, fundamentais para que eu conseguisse concluir o curso de Doutorado.

À Prof. Dra. Janete Eunice Zorzi e ao Prof. Dr. Eduardo Thomazi pela imensa contribuição com o meu trabalho possibilitando, inclusive, que a execução desse fosse possível.

Aos membros da banca de qualificação, Prof. Dr. Tiago André Fontoura de Melo e Prof. Dr. Leandro Luis Corso pelas importantes considerações prestadas que engrandeceram este trabalho.

Aos amigos e colegas de profissão Luis Alfredo Fardo, Fabiano Bonatto, Marina Soprano, Samantha Carrion, Luiza Lucca, Daniel Cavalcante e Rodrigo Torriani pelas significativas contribuições com o meu trabalho.

À clínica radiológica Studio RX, especialmente aos colegas Eduardo Nesello Barp e Daniela Manfro que cederam o espaço, o equipamento e seu tempo, auxiliando sobremaneira a aquisição de uma parte das imagens tomográficas utilizadas neste trabalho.

À minha grande amiga Janaína Guzzo Zechin Kufner, minha dupla, que compartilhou os melhores momentos e, também, os mais difíceis de toda essa jornada. Ela foi uma incrível incentivadora e parceira de curso, mas também o ombro amigo quando eu precisei. Muito obrigada por todo o apoio. Sem a tua companhia e a tua alegria o caminho teria sido bem mais difícil.

Aos professores integrantes da banca de defesa desta tese, Prof. Dr. Tiago André Fontoura de Melo, Prof. Dr. Leandro Luis Corso e Prof. Dr. Fernando Branco Barletta, e ao professor suplente, Prof. Dr. Eduardo Thomazi por terem aceitado de imediato o convite.

RESUMO

As características clínicas e radiográficas das fraturas dentárias radiculares se assemelham às da doença periodontal e do fracasso endodôntico, prejudicando o diagnóstico diferencial inclusive nos casos mais avançados. Um diagnóstico precoce dessa condição é fundamental para a preservação dos tecidos periapicais de suporte e para evitar tratamentos inadequados e/ou desnecessários. O objetivo deste estudo foi avaliar a eficácia de diferentes protocolos de aparelhos de Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico (TCFC) com diversas resoluções de imagem na identificação de fraturas dentárias radiculares. Para isso, foram utilizados vinte e quatro dentes unirradulares que foram preparados endodonticamente de forma padronizada. A obturação foi realizada em 16 dentes, sendo que 8 desses receberam, além da guta-percha, pinos de fibra ou metálico. As fraturas radiculares foram induzidas em metade da amostra. Os dentes foram, então, incluídos em uma mandíbula seca e, posteriormente, escaneados por dois aparelhos de TCFC *OP300 Maxio CBCT unit (Instrumentarium Dental, Tusula, Finland)* em 4 protocolos e *3D Veraview X800 F150P (J Morita, Kyoto, Japan)* em 3 protocolos distintos. Cinco avaliadores (três radiologistas e dois endodontistas), cegados, experientes e previamente calibrados, analisaram e classificaram as imagens utilizando uma escala de 5 pontos para detecção de fratura radicular. A análise estatística dos resultados foi realizada por meio de testes de diagnóstico e do Kappa ponderado. Os aparelhos *OP 300 Maxio* e *3D Veraview X800 F150P* apresentaram uma acurácia de 0,88 e 0,83 e uma sensibilidade de 0,78 e 0,83 respectivamente. O aparelho *OP 300 Maxio* apresentou uma alta especificidade 0,98 enquanto a do *3D Veraview X800 F150P* foi de 0,83. Ambos os aparelhos de TCFC testados se mostraram adequados para a identificação de fraturas radiculares. O aparelho de alta resolução (*3D Veraview X800 F150P*) demonstrou maior acurácia na detecção de fraturas radiculares em raízes que continham pinos metálicos, enquanto o *OP300 Maxio* apresentou maior acurácia na presença de pinos de fibra de vidro. A presença de guta-percha comprometeu a identificação nos dois aparelhos.

Palavras-chave: Tomografia computadorizada de feixe cônico, fratura dentária, metais, guta-percha, fibra de vidro.

ABSTRACT

The clinical and radiographic characteristics of root fractures resemble those of periodontal disease and endodontic failure, compromising the differential diagnosis even in more advanced cases. An early diagnosis of this condition is essential to preserve the supporting periapical tissues and to avoid inappropriate and/or unnecessary treatments. This study evaluated the effectiveness of different Cone Beam Computed Tomography (CBCT) device protocols with different image resolutions in identifying root fractures. Twenty-four single-rooted teeth were used and were endodontically prepared in a standardized way. The canals were filled in 16 teeth, 8 of which received, in addition to gutta-percha, fiberglass posts, or metallic posts. Root fractures were induced in half of the sample. The teeth were then included in a dry jaw and subsequently scanned by two CBCT devices OP300 Maxio CBCT unit (Instrumentarium Dental, Tuusula, Finland) in 4 protocols and 3D Veraview X800 F150P (J Morita, Kyoto, Japan) in 3 different protocols. Five evaluators (three oral radiologists and two endodontists), blinded, experienced, and previously calibrated, analyzed, and classified the images using a 5-point scale for detecting root fractures. Statistical analysis of the results was performed using diagnostic tests and weighted Kappa. The OP 300 Maxio and 3D Veraview X800 F150P devices presented an accuracy of 0.88 and 0.83 and a sensitivity of 0.78 and 0.83, respectively. The OP 300 Maxio device showed a high specificity of 0.98, while that of the 3D Veraview X800 F150P was 0.83. Both CBCT devices tested were suitable for identifying root fractures. The high-resolution device (3D Veraview X800 F150P) demonstrated greater accuracy in detecting root fractures in roots with metallic posts, while the OP300 Maxio showed greater accuracy in the presence of fiberglass posts. The presence of gutta-percha compromised identification in both devices.

Keywords: cone-beam computed tomography, tooth fracture, metals, gutta-percha, fiberglass.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 LIMITAÇÕES DO ESTUDO.....	28
3 PERSPECTIVAS FUTURAS.....	29
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	30
5 REFERÊNCIAS.....	31
APÊNDICE A- PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP.....	34

1 INTRODUÇÃO

A fratura radicular vertical (FRV) pode ser definida como uma linha de fratura completa ou incompleta de orientação longitudinal, cuja origem se dá na porção interna do canal radicular se estendendo até alcançar a superfície externa da raiz. Essa fratura ocorre mais frequentemente em dentes tratados endodonticamente e pode acometer os terços cervical, médio ou apical do canal radicular.¹ As principais causas clínicas dessas fraturas são: forças oclusais excêntricas, traumas externos, sucessivas trocas de restaurações, aplicação de força excessiva durante a condensação lateral ou vertical, pinos metálicos inadequados, seleção inadequada de dentes para serem pilares de próteses fixas, hábitos parafuncionais, entre outros.^{2,3}

Qualquer grupo dental pode ser acometido por uma FRV, entretanto dentes que possuem achatamento méso-distal são mais suscetíveis. De acordo com Cohen *et al.*⁴, essas fraturas são estatisticamente mais prevalentes em pré-molares superiores e em molares inferiores e parecem acometer mais frequentemente mulheres e pacientes idosos. De acordo com Mizuhashi *et al.*⁵, as FRVs ocorrem com maior frequência nos pré-molares no sentido vestibulo-lingual.

O diagnóstico diferencial é prejudicado pela ausência de características clínicas e radiográficas específicas, mesmo nos casos mais avançados. As condições se assemelham à doença periodontal ou a um fracasso endodôntico, prejudicando a sua identificação.⁶ Um diagnóstico preciso e precoce das fraturas radiculares é essencial para evitar tratamentos inadequados ou desnecessários e para prevenir danos aos tecidos periodontais de suporte.^{7,8} O prognóstico dos casos de FRV é ruim, sendo a exodontia indicada em quase a totalidade dos casos. Atualmente, a prevalência de perdas dentárias por fratura radicular está aumentando em relação às perdas por cárie e doença periodontal.⁹

O exame radiográfico, na maioria das situações, não permite um diagnóstico de FRV devido à limitação das imagens bidimensionais. A visualização da linha radiolúcida entre os fragmentos ocorre apenas se o feixe central de raios X incidir paralelamente à fratura durante a aquisição da imagem.^{10,11} Existem outros recursos que auxiliam no diagnóstico da FRV, como a cirurgia exploratória, a inspeção da

superfície dental interna com o auxílio de microscópio clínico e exames de imagens a partir das tomografias computadorizadas de feixe cônico (TCFC).

A TCFC consiste na obtenção de imagens com o uso de uma fonte móvel de raios X em forma de cone centrado em um detector bidimensional. A série de imagens bidimensionais gerada é, posteriormente, reconstruída no computador, produzindo a secção transversal de imagens nos planos axial, coronal e sagital.¹⁰ Com sua reconstrução tridimensional, esse exame supera as limitações da radiografia periapical, pois permite a visualização dos cortes axiais, coronais, sagitais e oblíquos simultaneamente.¹² Em algumas situações, esse exame pode identificar a presença de FRV, evitando a realização de um procedimento cirúrgico desnecessário. Muitos autores já confirmaram a alta sensibilidade e especificidade da TCFC na detecção de fraturas, pois é possível realizar aquisições volumétricas reduzidas de campo de visão limitado (*field of view - FOV*), proporcionando a seleção de um *voxel* menor, o que faz com que sejam obtidas imagens com maior resolução e contraste, facilitando o diagnóstico.^{13, 14, 15}

Existem diversos aparelhos de TCFC disponíveis no mercado. As diferenças entre os aparelhos são, principalmente, quanto ao tipo: os que realizam apenas TCFC, chamados individuais ou dedicados e os multimodais, que combinam TCFC com radiografia panorâmica digital; quanto à posição do paciente para a aquisição da imagem: deitado, sentado ou em pé; quanto ao volume de imagem a ser escaneada: *FOV* localizado (5 cm), para única arcada dentária (5 a 7 cm), para ambas as arcadas dentárias (7 a 10 cm), para a região maxilofacial (10 a 15 cm), e para toda a região crânio-facial (> 15 cm), quanto ao *voxel* produzido: na TCFC eles têm o mesmo tamanho em todas as dimensões, produzindo, assim, imagens menores e com qualidade superior às tomografias computadorizadas (TC) convencionais. Além de proporcionar uma imagem com maior resolução expondo o paciente a uma menor dose de radiação, a TCFC possui, também, como vantagens em relação à TC convencional a disponibilidade de aparelhos mais compactos e de menor custo.^{16,17}

A TCFC de alta resolução tem sido muito utilizada como auxiliar no diagnóstico de FVRs devido às limitações das radiografias convencionais. Sabe-se que as FVRs ocorrem predominantemente em dentes endodonticamente tratados.¹⁸ Entretanto, esse exame possui algumas limitações que prejudicam a qualidade da imagem e

podem dificultar a visualização das FVRs nas imagens de TCFC. A presença de materiais hiperdensos como pinos metálicos, restaurações e tratamentos endodônticos promovem a formação de artefatos nas imagens, que podem mascarar e/ou simular uma linha de fratura, resultando em resultados falsos positivos para FRV.

8,13,14,20,21

Dessa forma, tornou-se necessário realizarmos testes com as ferramentas disponíveis em aparelhos de TCFC para estabelecer protocolos de identificação mais precisos de FRVs para cada um dos equipamentos analisados.

A presente tese teve por objetivo avaliar a eficácia de diferentes protocolos de aparelhos de Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico com distintas resoluções de imagem no diagnóstico de fraturas radiculares dentárias, por meio de teste *in vitro*, com dentes humanos extraídos posicionados em mandíbula seca procurando reproduzir de forma fidedigna a situação clínica em pacientes.

Além disso, pretendeu-se verificar, após a análise dos examinadores, se foi possível a detecção das fraturas radiculares em ambos os aparelhos de tomografia computadorizada de feixe cônico, mesmo na presença de guta-percha, pinos metálicos e de fibra de vidro, bem como comparar, após a análise dos examinadores, se houve diferença de acurácia na identificação de fraturas radiculares utilizando as imagens dos dois aparelhos. E, ainda, buscou-se definir o melhor protocolo para aquisição de imagens tomográficas para a identificação de fraturas radiculares, dentre os protocolos testados.

ARTIGO

ANÁLISE DE DIFERENTES PROTOCOLOS DE APARELHOS DE TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA DE FEIXE CÔNICO NA IDENTIFICAÇÃO DE FRATURAS RADICULARES VERTICAIS

Mautone EP, Kufner JGZ, Zorzi JE, Thomazi E, Torriani R, Gamba TO, Perottoni CA.

Introdução: As características clínicas e radiográficas das fraturas dentárias radiculares se assemelham às da doença periodontal e do fracasso endodôntico, prejudicando o diagnóstico diferencial inclusive nos casos mais avançados. Um diagnóstico precoce dessa condição é fundamental para a preservação dos tecidos periapicais de suporte e para evitar tratamentos inadequados e/ou desnecessários. O objetivo desse estudo foi avaliar a eficácia de diferentes protocolos de aparelhos de Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico (TCFC) com diversas resoluções de imagem na identificação de fraturas dentárias radiculares.

Método: 24 dentes unirradiculares foram preparados endodonticamente de forma padronizada. A obturação foi realizada em 16 dentes, sendo que 8 desses receberam, além da guta-percha, pinos de fibra ou metálico. As fraturas radiculares foram induzidas em metade da amostra. Os dentes foram, então, incluídos em uma mandíbula seca e, posteriormente, escaneados por dois aparelhos de TCFC *OP300 Maxio CBCT unit (Instrumentarium Dental, Tuusula, Finland)* em 4 protocolos e *3D Veraview X800 (J Morita, Kyoto, Japan)* em 3 protocolos distintos. Cinco avaliadores (três radiologistas e dois endodontistas) cegados, experientes e previamente calibrados, analisaram e classificaram as imagens utilizando uma escala de 5 pontos para detecção de fratura radicular. A análise estatística dos resultados deu-se por meio de testes diagnósticos e do Kappa ponderado.

Resultados: Os aparelhos *OP 300 Maxio* e *3D Veraview X800 F150P* apresentaram uma acurácia de 0,88 e 0,83 e uma sensibilidade de 0,78 e 0,83 respectivamente. O aparelho *OP 300 Maxio* apresentou uma alta especificidade 0,98 enquanto a do *3D Veraview X800 F150P* foi de 0,83.

Conclusão: Ambos os aparelhos de TCFC testados se mostraram adequados para a identificação de fraturas radiculares. O aparelho de alta resolução (*3D Veraview X800 F150P*) demonstrou maior acurácia na detecção de fraturas radiculares em raízes que continham pinos metálicos, enquanto o *OP300 Maxio* apresentou maior acurácia na presença de pinos de fibra de vidro. A presença de guta-percha comprometeu a identificação das fraturas nos dois aparelhos.

Palavras-Chave: Tomografia computadorizada de feixe cônico, fratura dentária, metais, guta-percha, fibra de vidro.

A fratura radicular vertical (FRV) pode ser definida como uma linha de fratura completa ou incompleta de orientação longitudinal, cuja origem se dá na porção interna do canal radicular se estendendo até alcançar a superfície externa da raiz. Essa fratura ocorre mais frequentemente em dentes tratados endodonticamente e pode acometer os três terços do canal radicular.¹ As principais causas clínicas dessas fraturas são: forças oclusais excêntricas, traumas externos, sucessivas trocas de restaurações, aplicação de força excessiva durante a condensação lateral ou vertical, pinos metálicos inadequados, seleção inadequada de dentes para serem pilares de próteses fixas, hábitos parafuncionais, entre outros.^{2,3}

Qualquer grupo dental pode ser acometido por uma FRV, entretanto dentes que possuem achatamento méso-distal são mais suscetíveis. De acordo com Cohen *et al.*⁴, essas fraturas são estatisticamente mais prevalentes em pré-molares superiores e em molares inferiores, acometendo mais frequentemente mulheres e pacientes idosos. De acordo com Mizuhashi *et al.*⁵, as FRVs ocorrem com maior frequência nos pré-molares na direção vestibulo-lingual.

O diagnóstico diferencial é prejudicado pela ausência de características clínicas e radiográficas específicas, mesmo nos casos mais avançados. As condições se assemelham à doença periodontal ou a um fracasso endodôntico, prejudicando a sua identificação.⁶ Um diagnóstico preciso e precoce das fraturas radiculares é essencial para evitar tratamentos inadequados ou desnecessários e para prevenir danos aos tecidos periodontais de suporte.^{7,8} O prognóstico dos casos de FRV é ruim, sendo a exodontia a única opção de tratamento. Atualmente, a prevalência de perdas dentárias por fratura radicular está aumentando em relação às perdas por cárie e doença periodontal.⁹

O exame radiográfico, na maioria das situações, não permite a identificação de FRVs devido à limitação das imagens bidimensionais. Existem outros recursos que auxiliam no diagnóstico da FRV, como a cirurgia exploratória, a inspeção da superfície dental interna com o auxílio de microscópio clínico e exames de imagens a partir das tomografias computadorizadas de feixe cônico (TCFC).

A TCFC consiste na obtenção de imagens com o uso de uma fonte móvel de raios X em forma de cone centrado em um detector bidimensional. A série de imagens bidimensionais gerada é, posteriormente, reconstruída no computador, produzindo a secção transversal de imagens nos planos axial, coronal e sagital.¹²

Sabe-se que as FVRs ocorrem predominantemente em dentes endodonticamente tratados.^{17,19} Entretanto, esse exame possui algumas limitações que prejudicam a qualidade da imagem e podem dificultar a visualização das FVRs nas imagens de TCFC. A presença de materiais hiperdensos como pinos metálicos, restaurações e tratamentos endodônticos promovem a formação de artefatos nas imagens, que podem mascarar e/ou simular uma linha de fratura, resultando em resultados falsos positivos para FRV.^{8,14,20,21,22} Ao submeter o paciente a um exame de TCFC é fundamental a utilização de um protocolo de aquisição de imagens que seja capaz de permitir a identificação das fraturas radiculares e elimine as dúvidas com relação à sua presença ou ausência.

Dessa forma, torna-se necessário determinar quais protocolos de aquisição de imagens são os mais adequados para a identificação de FRVs para cada um dos aparelhos de TCFC analisados. Este estudo teve por objetivo avaliar a eficácia, por meio da sensibilidade, especificidade e acurácia, de diferentes protocolos de aparelhos de Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico, com distintas resoluções de imagem, na identificação de fraturas radiculares dentárias.

Materiais e Métodos

Esse estudo *in vitro* foi aprovado pelo Comitê de Ética com o seguinte protocolo: 56235722.2.0000.5341.

Foram utilizados vinte e quatro pré-molares humanos extraídos hígidos unirradiculares, com raízes completamente formadas, selecionados por meio de radiografias periapicais e inspeção visual para descartar a presença de nódulos pulpares, reabsorção interna ou externa, tratamento endodôntico prévio, obliteração do canal, fratura radicular, ou qualquer outra anormalidade.

As amostras tiveram as suas coroas seccionadas a nível da junção amelo-cementária, os canais foram preparados de forma padronizada utilizando o sistema Reciproc R40 (VDW, Munich, Alemanha). A obturação foi realizada através da técnica híbrida de Tagger em dezesseis dentes escolhidos de forma aleatória, com cimento endodôntico AH Plus (Dentsply Sirona, São Paulo, Brasil) e cones de guta-percha Reciproc R40 (VDW, Munich, Alemanha). Dentre os dentes obturados, foram

selecionadas de forma aleatória oito amostras que foram preparadas com broca largo #3 (Angelus, Londrina, Brasil) para receberem pinos adaptados passivamente. Quatro dentes receberam pinos de fibra de vidro Exacto (Angelus, Londrina, Brasil) e quatro, pinos metálicos Reforpost I (Angelus, Londrina, Brasil).

Foram realizadas as fraturas dentárias em metade da amostra: quatro dentes não obturados, quatro obturados com guta-percha, dois com guta-percha e pino de fibra de vidro e dois com guta-percha e pino metálico, os quais foram escolhidos de forma aleatória. Os dentes que possuíam pinos tiveram os mesmos retirados para realização das fraturas e depois recolocados de forma passiva. A fraturas foram criadas usando uma ferramenta desenvolvida especificamente para esse propósito, em uma prensa hidráulica EMIC no LAMAT da Universidade de Caxias do Sul. (Figura 1) A confirmação da fratura se deu por meio de inspeção com um transiluminador de fibra ótica (Welch Allyn, Barueri, Brasil).



Figura 1: Detalhe da montagem na prensa hidráulica manual com a ferramenta utilizada para gerar a fratura radicular.

As amostras foram divididas em 8 grupos conforme a tabela 1.

GRUPOS	FRATURADOS	NÃO FRATURADOS
SEM ARTEFATO (SA)	4	4
GUTA-PERCHA (GP)	4	4
GUTA-PERCHA + PINO DE FIBRA DE VIDRO (GP + PFV)	2	2
GUTA-PERCHA + PINO METÁLICO (GP + PM)	2	2

Tabela 1: grupos amostrais

As raízes foram, então, revestidas por uma fina camada de cera utilidade (Clássico, São Paulo, Brasil) a fim de reproduzir o espaço do ligamento periodontal para, então, serem incluídos nos alvéolos previamente preparados de uma mandíbula seca coberta por 5 mm de cera utilidade (Clássico, São Paulo, Brasil) para simular a interferência dos tecidos moles.

A mandíbula foi escaneada usando dois tomógrafos: o aparelho *OP300 Maxio CBCT unit* (Instrumentarium Dental, Tuusula, Finland)) e o aparelho *3D Veraview X800 F150P* (J Morita, Kyoto, Japan)). Foram avaliados diferentes protocolos de aquisição das imagens, conforme as possibilidades disponíveis em cada um destes equipamentos (Tabela 2).

CBCT Scan	FOV (mm)	Protocolo	Voxel (mm)	kVp	mA
OP300 MAXIO	50X50	1	0,125	90	3,2
	50X50	2	0,2	90	8
	50X50	3	0,28	90	6,3
	50X50	4	0,085	90	6,3
3D VERAVIEW X800 F150P	40X40	5	0,08	100	8
	40X80	6	0,125	100	8
	80X40	7	0,125	100	8

Tabela 2: Protocolos para aquisição das imagens.

Fonte: elaborado pelo autor. ^{23, 24,25,26}

Um total de 168 exames de TCFC [24 dentes x 7 protocolos de exposição (4 protocolos no aparelho *OP300 Maxio* e 3 protocolos no aparelho *3D Veraview X800 F150P*)] foram adquiridos e salvos como arquivos *Digital Imaging and Communications in Medicine* (DICOM). Todos os exames foram codificados de acordo com a presença ou ausência de fratura radicular, aparelho de TCFC e protocolo utilizados²⁶.

Cinco examinadores (três radiologistas e dois endodontistas) cegados, experientes e previamente treinados analisaram os arquivos *DICOM* com o auxílio do programa *RadiAnt Dicom Viewer* (Medixant, Poznan, Poland) e classificaram os exames utilizando uma escala de 5 pontos para detecção de fratura, sendo 1 = ausente, 2 = provavelmente ausente, 3 = incerto, 4 = provavelmente presente, 5 = presente (Figura 3). A concordância intra-examinador e inter-examinador foi avaliada pelo teste Cohen Kappa. Para tal, os dados foram dicotomizados, sendo que os escores 1, 2 e 3 representaram a ausência de fratura e os escores 4 e 5 corresponderam à presença de fratura. Foram calculadas a sensibilidade, especificidade e acurácia dos aparelhos e dos protocolos, cujos valores foram comparados pelo Teste *U* de Mann-Whitney. Para avaliar a relação entre a

sensibilidade e a especificidade dos protocolos de TCFC no diagnóstico de fraturas radiculares foi calculada a curva *Receiver Operating Characteristic* (ROC) utilizando a média dos escores entre os avaliadores.^{3,14,15, 23,24} O nível de significância adotado foi de 5% ($p < 0,05$). A análise estatística foi realizada utilizando o *software* SPSS Statistics 22 (IBM Corporation, Armonk, Nova York, EUA).

Resultados

A análise estatística revelou uma concordância intra-examinador forte (0,713) na detecção de fraturas radiculares por diferentes protocolos de TCFC. A concordância inter-examinador foi moderada (0,433).

Todos os protocolos de TCFC testados se mostraram acurados para a detecção de fraturas radiculares, não havendo diferença estatisticamente significativa entre eles e com área sob a curva ROC variando de bom a excelente (0,809 a 0,972). O protocolo seis se mostrou com áreas ligeiramente mais altas sob a curva ROC (Figura 2 e 3).

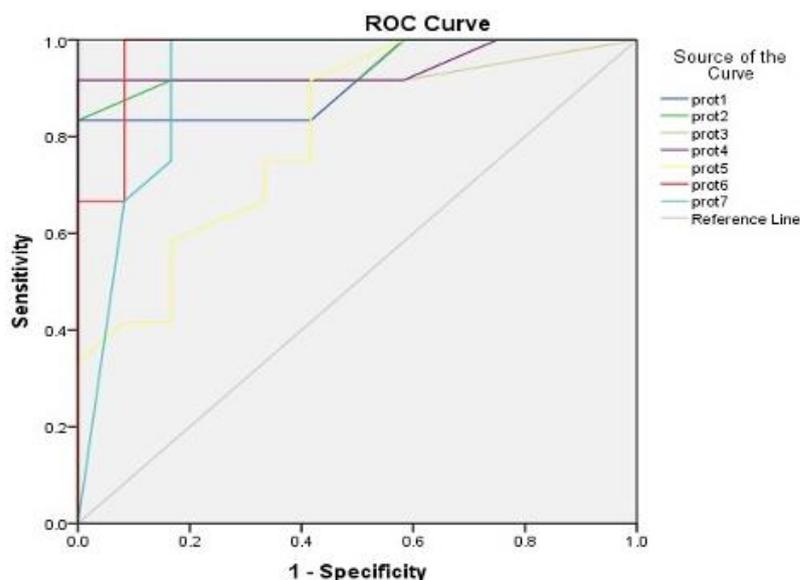


Figura 2: áreas sob a curva ROC apresentando os intervalos de confiança se interpondo, portanto, sem diferença estatística significativa. A linha vermelha demonstra o protocolo 6, que obteve a maior área sob a curva ROC (0,972). Demais áreas: protocolo 1 (0,917), protocolo 2 (0,948), protocolo 3 (0,934), protocolo 4 (0,944), protocolo 5 (0,809) e protocolo 7 (0,920)

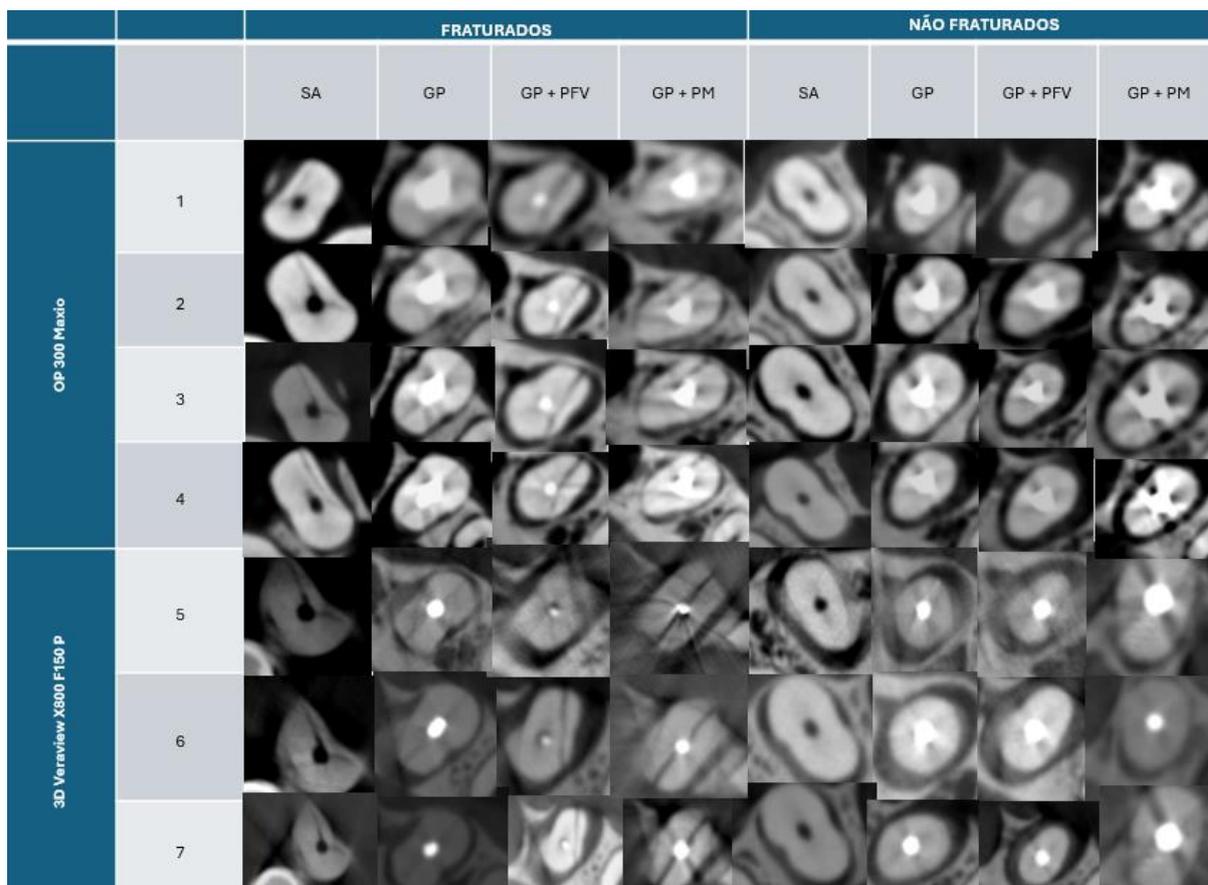


Figura 3: Um exemplo das imagens tomográficas no corte axial das amostras fraturadas e não fraturadas na ausência de artefatos (SA) ou presença de materiais intracanalais (guta-percha (GP), gutapercha e pino de fibra de vidro (GP + PFV), gutapercha e pino metálico (GP + PM)) nos 7 protocolos dos dois aparelhos de TCFC testados (*OP300 Maxio* e *3D Veraview X800 F150P*).

Os aparelhos *OP 300 Maxio* e *3D Veraview X800 F150P* apresentaram uma acurácia de 0,88 e 0,83 e uma sensibilidade de 0,78 e 0,83 respectivamente. O aparelho *OP 300 Maxio* apresentou uma alta especificidade 0,98 enquanto a do *3D Veraview X800 F150P* foi de 0,83, com $p < 0,05$ (Figura 4).

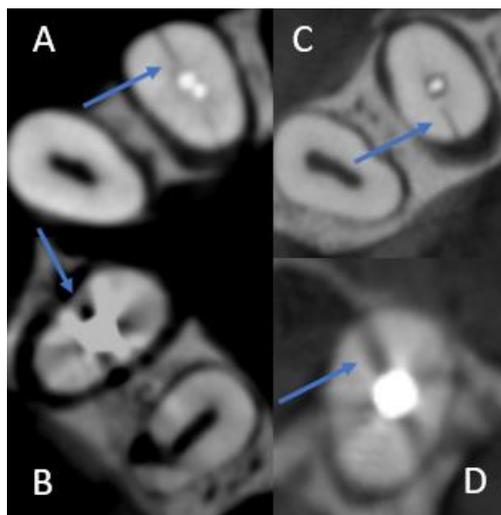


Figura 4: Cortes axiais indicando linha de fratura verdadeira em A e C e linha criada por artefatos na imagem em B e D. Imagens A e B realizadas com o aparelho de TCFC *OP 300 Maxio* e imagens C e D realizadas com o aparelho *3D Veraview X800 F150P*.

Houve variação nos valores de sensibilidade, especificidade e acurácia quando os grupos, sem artefatos (SA), com guta-percha (GP), com guta-percha e pino de fibra de vidro (GP + PFV) e com guta-percha e pino metálico (GP + PM), foram comparados em cada aparelho, com valores de p inferiores a 0,05, exceto no grupo GP+PFV, cujo valor foi de 1,000, o que demonstra que a identificação de fraturas radiculares na presença de guta-percha associada à presença de pino de fibra de vidro não é acurada quando a TCFC for realizada no aparelho *3D Veraview X800 F150P* (Tabela 3). Da mesma forma, houve diferença quando foram comparados os diferentes voxels utilizados, obtendo valores de p inferiores a 0,05, com exceção do protocolo cinco, cujo valor foi de 0,178, demonstrando que este protocolo pode não ser adequado para a identificação das fraturas radiculares (Tabela 4).

	OP 300 MAXIO				3D VERAVIEW X800 F150P			
	SA	GP	GP + PFV	GP + PM	ST	GP	GP + PFV	GP + PM
Sensibilidade	0,94	0,5	1	0,75	0,92	0,83	0,67	1
Especificidade	1	1	1	1	0,92	0,92	0,33	1
Acurácia	0,97	0,75	1	0,88	0,92	0,88	0,5	1
Valor de p	,000	,001	,000	,003	,000	,000	1,000	,001

Tabela 3: Sensibilidade, Especificidade, Acurácia e Valor de p para os diferentes grupos nos dois aparelhos de TCFC testados no diagnóstico de fraturas radiculares ($p < 0,05$).

Aparelho	OP 300 Maxio				3D Veraview X800 F150P		
Protocolo	1	2	3	4	5	6	7
Voxel (mm)	0,125	0,2	0,28	0,085	0,08	0,125	0,125
Sensibilidade	0,58	0,75	0,83	0,92	0,5	1	1
Especificidade	1	1	1	1	0,83	0,92	0,75
Acurácia	0,79	0,88	0,92	0,96	0,67	0,96	0,88
Valor de p	0,014	0,001	,000	,000	,178	,000	,001

Tabela 4: Sensibilidade, Especificidade, Acurácia e Valor de p para os diferentes voxels dos 7 protocolos de TCFC testados no diagnóstico de fraturas radiculares ($p < 0,05$).

Discussão

Um dos problemas mais difíceis de serem diagnosticados na prática clínica são as fraturas radiculares, quando não há a separação dos fragmentos. A sua identificação e tratamento, muitas vezes, requerem diversas interpretações⁹ e correlações de alguns fatores como os sintomas subjetivos do paciente, o exame clínico e os exames de imagem.¹⁰ O diagnóstico definitivo é difícil e acaba sendo acompanhado de incertezas na maioria dos casos, mesmo com os recursos disponíveis atualmente.⁹ A introdução da TCFC na odontologia permitiu auxiliar os dentistas nesse diagnóstico, proporcionando uma visão tridimensional dos dentes e dos maxilares com alta resolução e dose de radiação relativamente baixa.^{13, 15, 17,20} Além de imagens de alta qualidade, a TCFC promove a eliminação da sobreposição de estruturas permitindo avaliação de diversos aspectos dentários e ósseos.²⁰

As fraturas radiculares são mais frequentes em dentes tratados endodonticamente, pois geralmente estão associadas a perdas de estrutura dentária e radicular. Da mesma forma, podem ocorrer em dentes que possuam, além do tratamento endodôntico, pinos intracanaís. Entretanto, ocasionalmente, também podem ocorrer em dentes não tratados endodonticamente.⁹ Nesta investigação utilizamos amostras com fraturas em raízes com e sem a presença de material obturador, além de espécimes com pinos metálicos e pinos de fibra de vidro, simulando as diversas situações clínicas em que as fraturas radiculares podem ocorrer.

Já se sabe que as imagens de TCFC fornecem um reconhecimento mais preciso dessas fraturas quando comparadas às imagens das radiografias intraorais, que apresentam distorções e sobreposições de imagens.^{3,5,16} Entretanto, o

diagnóstico nos casos dos dentes tratados endodonticamente se torna mais desafiador em função da presença de materiais intra-radulares, tais como guta-percha e pinos, mesmo com imagens tomográficas, em função da natureza microscópica dessa condição^{23,24} e pela presença dos artefatos de imagem que dificultam a sua correta identificação.^{8,14,20} Os materiais intra-radulares têm o potencial de produzir resultados falso-positivos no diagnóstico das fraturas radulares, visto que a presença desses materiais produzem artefatos na imagem, os quais aparecem como linhas escuras que se assemelham às linhas de fratura.^{3,8,14,24} Estudos anteriores concluíram que a especificidade do diagnóstico com o auxílio da TCFC parece diminuir em raízes obturadas com guta-percha.³ No presente estudo, os artefatos causados pela presença de guta-percha no interior do canal reduziram significativamente a sensibilidade e acurácia na identificação de fraturas radulares nos dois aparelhos, mas especialmente no *OP 300 Maxio*, contribuindo para um diagnóstico impreciso das mesmas através da TCFC, o que corrobora com achados anteriores.^{8,15,20} Hassan *et al.*¹⁴ mostraram que houve diferença na especificidade na detecção de fraturas na presença de obturação endodôntica em todos os aparelhos testados, gerando mais resultados falso positivos, porém não influenciou na acurácia geral, exceto em um dos aparelhos (*Galileos 3D*).

Poucos estudos têm relacionado a influência da presença de pinos intra-radulares no diagnóstico das fraturas radulares através da TCFC. A presença de pinos metálicos reduziu significativamente a especificidade, sensibilidade e acurácia do exame de TCFC na detecção de fraturas no estudo de Costa *et al.*¹⁵ e foi associada a maior formação de artefatos de endurecimento de feixe, comprometendo o diagnóstico no estudo de de Oliveira Pinto *et al.*²³ Outro estudo, obteve diminuição significativa na acurácia diagnóstica de ambos os aparelhos de TCFC testados na presença de pinos metálicos em comparação aos pinos de fibra de vidro.²⁷ Tanto os metais densos como os mais leves causam endurecimento maciço do feixe, por absorverem substancialmente os raios energéticos de menor comprimento de onda emitidos pelas fontes de raios X. Na reconstrução 3D, se relativamente grande quantidade de energia for registrada no caminho do feixe atrás de materiais altamente absorventes, caracteriza um erro não-linear, o qual é retrojetado no volume, resultando em faixas escuras.²¹ Da mesma forma, nesta pesquisa, a presença de pinos metálicos reduziu a sensibilidade e acurácia na identificação de fraturas

radiculares no aparelho *OP 300 Maxio*, entretanto, no aparelho *3D Veraview X800 F150P*, a existência de pinos metálicos nos canais radiculares não influenciou no diagnóstico das fraturas radiculares, nem impediu que fossem obtidos os valores máximos de acurácia, sensibilidade e especificidade, determinando, assim, que esse aparelho de TCFC de alta resolução é adequado para ser utilizado quando houver suspeita de FRVs em dentes que possuam pinos metálicos. No presente estudo, a máxima acurácia, sensibilidade e especificidade do aparelho *OP 300 Maxio* foi reportada na detecção de fraturas radiculares nos dentes que possuíam pinos de fibra de vidro, achado que está de acordo com outro estudo que analisou a detecção de FRVs por dois aparelhos de TCFC na presença de diferentes pinos intra-radiculares.²⁷ A presença de pinos de fibra de vidro diminuiu significativamente a acurácia, sensibilidade e especificidade no diagnóstico das fraturas radiculares no aparelho *3D Veraview X800 F150P*.

O tamanho do voxel tem relação direta com o contraste e com a resolução das imagens de TCFC. Imagens com voxels menores tem melhor qualidade e são adequadas para diagnóstico de fraturas radiculares.^{3,20,24,28,29} Um estudo *in vitro* comparou cinco tamanhos de voxel em um aparelho de TCFC na detecção de fratura vertical de raiz e obteve melhores resultados nas imagens com os menores tamanhos de voxel²⁸, já que mais artefatos são visualizados em grandes tamanhos de voxel. Resultado que corrobora com os achados de outros estudos.^{3,30} Da mesma maneira, no presente estudo, os diagnósticos mais precisos obtidos no aparelho *OP 300 Maxio* foram utilizando o protocolo com menor tamanho de voxel (0,085) o qual atingiu valores de sensibilidade de 0,92, especificidade 1 e acurácia de 0,96. Todavia, no aparelho *3D Veraview X800 F150P*, o tamanho de voxel que apresentou os resultados mais acurados não foi o menor testado, e sim o de tamanho 0,125, indicando sensibilidade de 1, especificidade de 0,92 e acurácia de 0,96. Esse resultado está de acordo com outro estudo no qual o tamanho do voxel não modificou significativamente a precisão do diagnóstico de FRVs.²⁷ Possivelmente, esse achado se deve ao fato de que todos os tamanhos de voxel testados nesse aparelho estavam dentro do intervalo ideal relatado na literatura para obtenção dos melhores resultados diagnósticos para detecção de fraturas radiculares e pela razão de que o maior dificultador da identificação das fraturas radiculares é a presença dos artefatos e não o tamanho do voxel.²⁸

A seleção do FOV influencia na resolução e contraste da imagem e está diretamente relacionada com o tamanho do voxel. A escolha de um FOV pequeno fornece maior resolução e contraste em comparação a um FOV maior interferindo diretamente na visualização das estruturas na TCFC.^{14,16,17,31} Uma imagem com baixa qualidade é difícil de ser interpretada e dificulta o diagnóstico, uma vez que gera mais falsos positivos e falsos negativos reduzindo a precisão total da pesquisa.¹⁴ Por esse motivo, neste estudo, optamos por utilizar FOVs pequenos, em sua maioria, devido à necessidade de obtermos imagens com resolução suficiente para visualização de fraturas radiculares.

Esse estudo possui limitações por ser de natureza *ex vivo*. Estudos laboratoriais não permitem uma correlação com as condições clínicas usualmente presentes e que auxiliam sobremaneira no diagnóstico das fraturas radiculares²⁴, tais como presença de perda óssea, presença frequente de bolsa periodontal maior que 5mm (91,67 %)⁸, de mobilidade, dor à mastigação e à percussão.³² Além disso, os estudos com TCFC *in vitro* não propiciam a atenuação da radiação que ocorre no corpo humano, mesmo com as raízes tendo sido inseridas em uma mandíbula humana coberta com cera para a aquisição das imagens.²³

Outra limitação do estudo é o fato de terem sido utilizados apenas os aparelhos de TCFC disponíveis quando a pesquisa foi realizada, dois dispositivos, mesmo tendo sido empregados os protocolos mais indicados de ambos. Mais trabalhos para avaliar diferentes aparelhos e protocolos de TCFC associados à variação dos parâmetros de exposição para o diagnóstico de fraturas radiculares são necessários para determinar a relação entre o protocolo de aquisição da imagem e o diagnóstico acurado dessa condição.

Conclusão

Ambos os aparelhos de TCFC testados se mostraram adequados para o diagnóstico de fraturas radiculares. Os protocolos que apresentaram maior acurácia foram o quatro (*OP300 Maxio*) e o seis (*3D Veraview X800 F150P*). O aparelho de alta resolução (*3D Veraview X800 F150P*) demonstrou maior acurácia na detecção de fraturas radiculares em raízes que continham pinos metálicos, enquanto o *OP300 Maxio* apresentou maior acurácia na presença de pinos de fibra de vidro. A presença de guta-percha comprometeu a identificação das fraturas nos dois aparelhos.

Referências

1. Dental Professional Community. Colleagues for excellence. Cracking the cracked tooth code: detection and treatment of various longitudinal tooth fractures. *Am Assoc Endod*, 2008; 2-7.
2. Bechara B, Alex McMahan C, Moore WS, Noujein M, Teixeira FB, Geha H. Cone beam CT scans with or without artefacts reduction in root fracture detection of endodontically treated teeth. *Dentomaxillofac Radiol* 2013; (42): 20120245.
3. Melo SL, Bortoluzzi EA, Abreu Jr M, Corrêa LR, Corrêa M. Diagnostic ability of a cone-beam computed tomography scan to assess longitudinal root fractures in prosthetically treated teeth. *J Endod* 2010; (36): 1879-82.
4. Cohen S, Berman LH, Blanco L, Bakland L, Kim JS. A demographic analysis of vertical root fractures. *J Endod* 2006; (32): 1160-3.
5. Mizuhashi F, Watarai Y, Ogura I. Diagnosis of vertical root fractures in endodontically treated teeth by cone-beam computed tomography. *J Imaging* 2022; (8): 51-59.
6. Estrela C, Holland R, Estrela CR, Alencar AH, Souza-Neto MD, Pécora JD. Characterization of successful root canal treatment. *Braz Dent J* 2014; (25):3-11.
7. Brady E, Mannocci F, Brown J, Wilson R, Patel S. A comparison of cone beam tomography and periapical radiography for the detection of vertical root fractures in non-endodontically treated teeth. *Int Endod J* 2014; (47): 735-46.
8. Patel S, Brady E, Wilson R, Brown J, Mannocci F. The detection of vertical root fractures in root filled teeth with periapical radiographs and CBCT scans. *Int Endod J* 2013; (46): 1140-52.
9. Liao WC, Chen CH, Pan YH, Chang MC, Jeng JH. Vertical root fracture in non-endodontically and endodontically treated teeth: Current understanding and future challenge. *J Pers Med* 2021; (11): 1375.
10. Liao WC, Tsai YL, Wang CY, Chang MC, Huang WL, Lin HJ, Liu HC, Chan CP, Chang SH, Jeng JH. Clinical and radiographic characteristics of vertical root fractures in endodontically and nonendodontically treated teeth. *J Endod* 2017; (43): 687-93.
11. Rud J, Omnell KA. Root fractures due to corrosion. Diagnostic aspects. *Scan J Dent Res* 1970; (78): 397-403.
12. De Vos W, Canelman J, Swennen GRJ. Cone-beam computerized tomography (CBCT) imaging of the oral and maxillofacial region: a systematic review of the literature. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2009; (38): 609-25.
13. Patel S, Dawood A, Whaites E, Ford TP. New dimensions in endodontic imaging: part 1. Conventional and alternative radiographic systems. *Int Endod J* 2009; (42): 447-62.

14. Hassan B, Metska ME, Ozok AR, Van Der Stelt P, Wesselink PR. Comparison of five cone beam computed tomography systems for the detection of vertical root fractures. *J Endod* 2010; (36): 126-9.
15. Costa FF, Gaia BF, Umetsubo OS, Cavalcanti MGP. Detection of horizontal root fracture with small-volume cone-beam computed tomography in the presence and absence of intracanal metallic post. *J Endod* 2011; (37): 1456-59.
16. Özer SY, Ünlü G, Deger Y. Diagnosis and treatment of endodontically treated teeth with vertical root fracture: three case reports with two-year follow-up. *J Endod* 2011; (37):97-102.
17. Scarfe WC, Levin MD, Gane D, Farman AG. Use of cone beam computed tomography in endodontics. *Int J Dent* 2009; (2009): 634567.
18. Angelopoulos C, Scarfe WC, Farman AG. A comparison of maxillofacial CBCT and medical CT. *Atlas Oral Maxillo Surg Clin North Am* 2012; (20): 1-17.
19. Tamse A. Vertical root fractures in endodontically treated teeth: diagnostic signs and clinical management. *Endod Topics* (2006); 13: 84-94.
20. Talwar S, Utneja S, Nawal RR, Kaushik A, Srivastava A, Oberoy SS. Role of Cone-beam Computed Tomography in Diagnosis of Vertical Root Fractures: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Endod* 2016; (42): 12-24.
21. Schulze R, Heil U, Gross D, Bruellmann DD, Dranischnikow E, Schwanecke U, Shoemer E. Artefacts in CBCT: a review. *Dentomaxillofac Radiol* 2011; (40): 265-73.
22. Vieira LEM, Lima ED, Peixoto LR, Pinto MGO, Melo SLS, Oliveira ML, Silva KR, Bento PM, Melo DP. Assessment of the influence of different intracanal materials on the detection of root fracture in burred teeth by cone-beam computed tomography. *J Endod* 2020; (46): 264-270.
23. De Oliveira Pinto MG, Rabelo KA, Sousa Melo SL, Campos PSF, Oliveira LSAF, Bento PM, Melo DP. Influence of exposure parameters on the detection of simulated root fractures in the presence of various intracanal materials. *Int Endod J* 2016; (50): 586-594.
24. Wanderley VA, Neves FS, Nascimento MCC, Monteiro GQM, Lobo NS, Oliveira ML, Nascimento Neto JBS, Araújo LF. Detection of incomplete root fractures in endodontically treated teeth using different high-resolution cone-beam computed tomographic imaging protocols. *J Endod* 2017; (43):1720-1724.
25. Schein, Henry. Control without compromise With ORTHOPANTOMOGRAPH® units, no compromises have been made as to usability. Disponível em: https://www.henryschein.nl/nl-nl/images/dentaaal/OP300_Eng.pdf. Acesso em: 03 set. 2021.

26. Veraview X800 | MORITA. F80 model available only in Canada. 1 R100: Dental arch FOV Ø 100 equivalent 2 Employed data equivalent to 180° exposure 3 Two 360° exposures, upper and lower. Employed data equivalent to 180° exposure. Disponível em: <https://www.morita.com/america/en/products/diagnostic-and-imaging-equipment/2d-/3d-imaging/veraview-x800-1/?tab=features>. Acesso em: 03 set. 2021.
27. Shokri A, Eskandarloo A, Zahedi F, Karkehabadi H, Foroozandeh M, Farhadian M. Effect of different intracanal posts and exposure parameters on detection of vertical root fractures by cone-beam computed tomography. *Aust Endod J.* 2023; Sep (1): 132-145.
28. Uysal S, Akcicek G, Yalcin ED, Tuncel B, Dural S. The influence of voxel size and artifact reduction on the detection of vertical root fracture in endodontically treated teeth. *Acta Odontologica Scandinavica.* 2021; 79: (5), 354-358.
29. Kolsuz ME, Evli C, Aksoy U, Koohnavard M, Aksoy S, Orhan K. Influence of voxel size and filter type on detecting vertical fracture using cone-beam computed tomography. *Aust Endod J.* 2023 Sep;49(1): 439-446.
30. de Lima KL, Silva, LR, de Paiva Prado TB, Silva, MAG, de Freitas Silva BS, Yamamoto-Silva FP. Influence of the technical parameters of CBCT image acquisition on vertical root fracture diagnosis: a systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Investig* 2023 Feb; 27 (2): 433-474.
31. De Oliveira Pinto MG, Melo SLS, Suassuna FCM, Marinho LE, Leite JBS, Batista AUD, Bento PM, Melo DP. Influence of size of field of view (FOV), position within the FOV, and scanning mode on the detection of root fracture and observer's perception of artifacts in CBCT images. *Dentomaxillofac Radiol.* 2021; (49): 20200563.
32. Haupt F, Wiegand A, Kanzow P. Risk factors for and clinical presentations indicative of vertical root fracture in endodontically treated teeth: a systematic review and meta-analysis. *J Endod* 2023 Aug; 49(8): 940-952.

2 LIMITAÇÕES DO ESTUDO

Esse estudo possui limitações por ser de natureza *ex vivo*. Estudos laboratoriais não permitem uma correlação com as condições clínicas usualmente presentes e que auxiliam no diagnóstico das fraturas radiculares, tais como presença de perda óssea, de bolsa periodontal frequentemente (91,67%) maior que 5mm⁸, de mobilidade e dor à mastigação, além de não propiciar a atenuação da radiação que ocorre no corpo humano, mesmo tendo sido utilizada uma mandíbula humana para a aquisição das imagens.²³

Outra limitação do estudo é o fato de terem sido utilizados apenas dois aparelhos de TCFC, mesmo tendo sido empregados os protocolos mais indicados de ambos. Mais estudos para avaliar diferentes protocolos de TCFC no diagnóstico de fraturas radiculares são necessários para determinar a relação entre o protocolo de aquisição da imagem e o diagnóstico acurado.

3 PERSPECTIVAS FUTURAS

Trabalhos como este abrangem informações fundamentais para suportar a solicitação de tomografias computadorizadas de feixe cônico em casos de suspeita clínica e radiográfica de fratura radicular, contribuindo para uma correta seleção de casos e adequada personalização da solicitação, propiciando uma maior precisão no diagnóstico das fraturas radiculares.

Mais estudos testando diferentes parâmetros de exposição e avaliando protocolos de variados aparelhos de tomografia computadorizada de feixe cônico disponíveis no mercado são necessários para determinar a sua relação com a acurácia no diagnóstico de fraturas verticais de raiz.

A introdução de aparelhos de alta precisão no mercado vem buscando aprimorar as imagens, conferindo uma maior resolução e qualidade e almejando propiciar diagnósticos mais acurados das fraturas radiculares na presença de materiais obturadores e pinos intra-radulares.

Um estudo recente sugere a utilização de um sistema de tomografia computadorizada com contagem de fótons de ultra alta-resolução para representar estruturas dentárias e correlação com doenças. Esse método mostrou-se altamente preciso e confiável para descrever diferentes estruturas dentárias, o suficiente para evitar a necessidade de TCFC e reduzindo a exposição do paciente à radiação.³³ Esse sistema pode ser uma alternativa, no futuro, para a identificação de FRVs, conferindo uma maior precisão no diagnóstico e suprimindo a necessidade de aquisição de imagens tridimensionais de TCFC.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ambos os aparelhos de TCFC testados neste estudo mostraram-se adequados para o diagnóstico de fraturas radiculares. Os protocolos que apresentaram maior acurácia foram o quatro (*OP300 Maxio*) e o seis (*3D Veraview X800 F150P*). O aparelho de alta resolução (*3D Veraview X800 F150P*) demonstrou maior acurácia na detecção de fraturas radiculares em raízes que continham pinos metálicos, enquanto o *OP300 Maxio* apresentou maior acurácia na presença de pinos de fibra de vidro. A presença de guta-percha comprometeu a identificação das fraturas nos dois aparelhos.

5 REFERÊNCIAS

1. Dental Professional Community. Colleagues for excellence. Cracking the cracked tooth code: detection and treatment of various longitudinal tooth fractures. *Am Assoc Endod*, 2008; 2-7.
2. Bechara B, Alex McMahan C, Moore WS, Noujein M, Teixeira FB, Geha H. Cone beam CT scans with or without artefacts reduction in root fracture detection of endodontically treated teeth. *Dentomaxillofac Radiol* 2013; (42): 20120245.
3. Melo SL, Bortoluzzi EA, Abreu Jr M, Corrêa LR, Corrêa M. Diagnostic ability of a cone-beam computed tomography scan to assess longitudinal root fractures in prosthetically treated teeth. *J Endod* 2010; (36): 1879-82.
4. Cohen S, Berman LH, Blanco L, Bakland L, Kim JS. A demographic analysis of vertical root fractures. *J Endod* 2006; (32): 1160-3.
5. Mizuhashi F, Watarai Y, Ogura I. Diagnosis of vertical root fractures in endodontically treated teeth by cone-beam computed tomography. *J Imaging* 2022; (8): 51-59.
6. Estrela C, Holland R, Estrela CR, Alencar AH, Souza-Neto MD, Pécora JD. Characterization of successful root canal treatment. *Braz Dent J* 2014; (25):3-11.
7. Brady E, Mannocci F, Brown J, Wilson R, Patel S. A comparison of cone beam tomography and periapical radiography for the detection of vertical root fractures in non-endodontically treated teeth. *Int Endod J* 2014; (47): 735-46.
8. Patel S, Brady E, Wilson R, Brown J, Mannocci F. The detection of vertical root fractures in root filled teeth with periapical radiographs and CBCT scans. *Int Endod J* 2013; (46): 1140-52.
9. Liao WC, Chen CH, Pan YH, Chang MC, Jeng JH. Vertical root fracture in non-endodontically and endodontically treated teeth: Current understanding and future challenge. *J Pers Med* 2021; (11): 1375.
10. Liao WC, Tsai YL, Wang CY, Chang MC, Huang WL, Lin HJ, Liu HC, Chan CP, Chang SH, Jeng JH. Clinical and radiographic characteristics of vertical root fractures in endodontically and nonendodontically treated teeth. *J Endod* 2017; (43): 687-93.
11. Rud J, Omnell KA. Root fractures due to corrosion. Diagnostic aspects. *Scan J Dent Res* 1970; (78): 397-403.
12. De Vos W, Canelman J, Swennen GRJ. Cone-beam computerized tomography (CBCT) imaging of the oral and maxillofacial region: a systematic review of the literature. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2009; (38): 609-25.
13. Patel S, Dawood A, Whaites E, Ford TP. New dimensions in endodontic imaging: part 1. Conventional and alternative radiographic systems. *Int Endod J* 2009; (42): 447-62.

14. Hassan B, Metska ME, Ozok AR, Van Der Stelt P, Wesselink PR. Comparison of five cone beam computed tomography systems for the detection of vertical root fractures. *J Endod* 2010; (36): 126-9.
15. Costa FF, Gaia BF, Umetsubo OS, Cavalcanti MGP. Detection of horizontal root fracture with small-volume cone-beam computed tomography in the presence and absence of intracanal metallic post. *J Endod* 2011; (37): 1456-59.
16. Özer SY, Ünlü G, Deger Y. Diagnosis and treatment of endodontically treated teeth with vertical root fracture: three case reports with two-year follow-up. *J Endod* 2011; (37):97-102.
17. Scarfe WC, Levin MD, Gane D, Farman AG. Use of cone beam computed tomography in endodontics. *Int J Dent* 2009; (2009): 634567.
18. Angelopoulos C, Scarfe WC, Farman AG. A comparison of maxillofacial CBCT and medical CT. *Atlas Oral Maxillo Surg Clin North Am* 2012; (20): 1-17.
19. Tamse A. Vertical root fractures in endodontically treated teeth: diagnostic signs and clinical management. *Endod Topics* (2006); 13: 84-94.
20. Talwar S, Utneja S, Nawal RR, Kaushik A, Srivastava A, Oberoy SS. Role of Cone-beam Computed Tomography in Diagnosis of Vertical Root Fractures: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Endod* 2016; (42): 12-24.
21. Schulze R, Heil U, Gross D, Bruellmann DD, Dranischnikow E, Schwanecke U, Shoemer E. Artefacts in CBCT: a review. *Dentomaxillofac Radiol* 2011; (40): 265-73.
22. Vieira LEM, Lima ED, Peixoto LR, Pinto MGO, Melo SLS, Oliveira ML, Silva KR, Bento PM, Melo DP. Assessment of the influence of different intracanal materials on the detection of root fracture in burred teeth by cone-beam computed tomography. *J Endod* 2020; (46): 264-270.
23. De Oliveira Pinto MG, Rabelo KA, Sousa Melo SL, Campos PSF, Oliveira LSAF, Bento PM, Melo DP. Influence of exposure parameters on the detection of simulated root fractures in the presence of various intracanal materials. *Int Endod J* 2016; (50): 586-594.
24. Wanderley VA, Neves FS, Nascimento MCC, Monteiro GQM, Lobo NS, Oliveira ML, Nascimento Neto JBS, Araújo LF. Detection of incomplete root fractures in endodontically treated teeth using different high-resolution cone-beam computed tomographic imaging protocols. *J Endod* 2017; (43):1720-1724.
25. Schein, Henry. Control without compromise With ORTHOPANTOMOGRAPH® units, no compromises have been made as to usability. Disponível em: https://www.henryschein.nl/nl-nl/images/dentaaal/OP300_Eng.pdf. Acesso em: 03 set. 2021.

26. Veraview X800 | MORITA. F80 model available only in Canada. 1 R100: Dental arch FOV Ø 100 equivalent 2 Employed data equivalent to 180° exposure 3 Two 360° exposures, upper and lower. Employed data equivalent to 180° exposure. Disponível em: <https://www.morita.com/america/en/products/diagnostic-and-imaging-equipment/2d/-3d-imaging/veraview-x800-1/?tab=features>. Acesso em: 03 set. 2021.
27. Uysal S, Akcicek G, Yalcin ED, Tuncel B, Dural S. The influence of voxel size and artifact reduction on the detection of vertical root fracture in endodontically treated teeth. *Acta Odontologica Scandinavica*. 2021; 79: (5), 354-358.
28. Kolsuz ME, Evli C, Aksoy U, Koohnavard M, Aksoy S, Orhan K. Influence of voxel size and filter type on detecting vertical fracture using cone-beam computed tomography. *Aust Endod J*. 2023 Sep;49(1): 439-446.
29. de Lima KL, Silva, LR, de Paiva Prado TB, Silva, MAG, de Freitas Silva BS, Yamamoto-Silva FP. Influence of the technical parameters of CBCT image acquisition on vertical root fracture diagnosis: a systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Investig* 2023 Feb; 27 (2): 433-474.
30. De Oliveira Pinto MG, Melo SLS, Suassuna FCM, Marinho LE, Leite JBS, Batista AUD, Bento PM, Melo DP. Influence of size of field of view (FOV), position within the FOV, and scanning mode on the detection of root fracture and observer's perception of artifacts in CBCT images. *Dentomaxillofac Radiol*. 2021; (49): 20200563.
31. De Oliveira Pinto MG, Melo SLS, Suassuna FCM, Marinho LE, Leite JBS, Batista AUD, Bento PM, Melo DP. Influence of size of field of view (FOV), position within the FOV, and scanning mode on the detection of root fracture and observer's perception of artifacts in CBCT images. *Dentomaxillofac Radiol*. 2021; (49): 20200563.
32. Haupt F, Wiegand A, Kanzow P. Risk factors for and clinical presentations indicative of vertical root fracture in endodontically treated teeth: a systematic review and meta-analysis. *J Endod* 2023 Aug; 49(8): 940-952.
33. Ruetters M, Sen S, Gehrig H, Bruckner T, Kim T-S, Lux CJ, Schlemmer H-P, Heinze S, Maier J, Kachelriebe M, Sawall S. Dental imaging using an ultra-high resolution photon-counting CT system. *Nature Sci Rep* 2022; May (12),7125.

APÊNDICE A – PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

UNIVERSIDADE DE CAXIAS
DO SUL - RS



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: ANÁLISE COMPARATIVA DE DIFERENTES PROTOCOLOS DE APARELHOS DE TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA DE FEIXE CÔNICO NO DIAGNÓSTICO DE FRATURAS DENTÁRIAS RADICULARES E VISUALIZAÇÃO DO SEGUNDO CANAL MÉLIO-VESTIBULAR EM MOLARES SUPERIORES

Pesquisador: JANAINA GUZZO ZECHIN KUFNER

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 56235722.2.0000.5341

Instituição Proponente: Universidade de Caxias do Sul-RS

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 5.476.646

Apresentação do Projeto:

Do corpo das Informações Básicas do Projeto:

Resumo:

O objetivo desse estudo será avaliar a eficácia de diferentes protocolos de aparelhos de Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico (TCFC) com diversas resoluções de imagem no diagnóstico de fraturas dentárias radiculares e na visualização do segundo canal mélio-vestibular em molares superiores. Para isso, serão utilizados 24 dentes unirradulares que serão preparados endodonticamente de forma padronizada. A obturação será realizada em metade da amostra e a fratura radicular será induzida em 6 dentes obturados e 6 dentes não obturados. Para visualização dos segundos canais mélio-vestibulares - realizar-se-á, também, a classificação anatômica dos mesmos - serão utilizados molares superiores; será feito o preparo e obturação dos canais radiculares com exceção do segundo canal mélio-vestibular. Os dentes serão incluídos em mandíbula e maxila secas e, posteriormente, escaneados por três aparelhos de TCFC: OP300 Maxio CBCT unit (Instrumentarium Dental, Tuusula, Finland) em 7 protocolos, PreXion 3D Elite (PreXion, Tokyo, Japan) em 4 protocolos distintos e Veraview X800 CBCT unit (J Morita, Kyoto, Japan) em 5 protocolos distintos. Seis avaliadores previamente

Endereço: Rua Francisco Getúlio Vargas, n° 1130, Petrópolis, Campus-sede, Bloco M, sala 306
Bairro: PETROPOLIS **CEP:** 95.070-560
UF: RS **Município:** CAXIAS DO SUL
Telefone: (54)3218-2829 **E-mail:** cep-ucs@ucs.br

Continuação do Parecer: 5.476.646

calibrados (três radiologistas e três endodontistas), analisarão e classificarão as imagens utilizando duas escalas de 5 pontos, uma para detecção de fratura e outra para visualização do segundo canal méso-vestibular. A análise estatística dos resultados dar-se-á por meio da Curva ROC e o Kappa moderado.

Objetivo da Pesquisa:

Extraídos das Informações Básicas do Projeto:

Objetivo Primário:

Avaliar a eficácia de diferentes protocolos de aparelhos de Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico com distintas resoluções de imagem no diagnóstico de fraturas radiculares dentárias e visualização do segundo canal méso-vestibular em molares superiores, por meio de teste in vitro, com dentes humanos extraídos posicionados em maxilas e mandíbulas secas procurando reproduzir de forma fidedigna a situação clínica em pacientes.

Objetivo Secundário:

- Verificar, após a análise dos examinadores, se foi possível a detecção das fraturas radiculares e dos segundos canais méso-vestibulares nos aparelhos de tomografia computadorizada de feixe cônico testados.
- Comparar, após a análise dos examinadores, se houve diferença na acurácia do diagnóstico de fraturas radiculares e na visualização dos segundos canais méso-vestibulares utilizando as imagens dos três aparelhos.
- Analisar a posição dos segundos canais méso-vestibulares conforme a classificação anatômica dos mesmos, segundo Vertucci.
- Definir o melhor protocolo para aquisição de imagens tomográficas para o diagnóstico de fraturas radiculares e visualização dos segundos canais méso-vestibulares.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Das Informações Básicas do Projeto foram extraídos:

Riscos:

Os riscos serão minimizados visto que será um estudo in vitro. Os pesquisadores utilizarão, no preparo dos dentes, os Equipamentos de Proteção Individual adequados evitando, assim, possíveis acidentes de perfuração durante a manipulação de instrumentos odontológicos.

Endereço: Rua Francisco Getúlio Vargas, n° 1130, Petrópolis, Campus-sede, Bloco M, sala 306
Bairro: PETROPOLIS **CEP:** 95.070-560
UF: RS **Município:** CAXIAS DO SUL
Telefone: (54)3218-2829 **E-mail:** cep-ucs@ucs.br

Continuação do Parecer: 5.476.646

Benefícios:

Esse estudo poderá confirmar se existe diferença na qualidade da imagem entre os tomógrafos avaliados e se essa diferença (e os diferentes protocolos de análise que serão avaliados) têm influência na precisão de diagnóstico das fraturas radiculares e na visualização de segundos canais mésio-vestibulares proporcionando tratamentos mais assertivos e com índices de sucesso maiores contribuindo para a saúde bucal e geral da população. A pesquisa poderá contribuir para a comunidade acadêmica uma vez que será possível indicar qual o melhor tomógrafo e o melhor protocolo para as questões avaliadas no estudo – tanto para situações clínicas como para futuros ensaios científicos.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A pesquisa tem um tema bastante relevante para a área.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Os termos estão apresentados.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

A pendência foi atendida.

Considerações Finais a critério do CEP:

Diante do exposto, o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade de Caxias do Sul aprova o projeto. De acordo com a Resolução CNS 466/2012, inciso XI.2., e com a Resolução CNS 510/2016, artigo 28, incisos III, IV e V, cabe ao pesquisador:

- Elaborar e apresentar os relatórios parciais e final;
- Apresentar no relatório final que o projeto foi desenvolvido conforme delineado, justificando, quando ocorridas, a sua mudança ou interrupção;
- Apresentar dados solicitados pelo CEP ou pela CONEP a qualquer momento;
- Manter os dados da pesquisa em arquivo, físico ou digital, sob sua guarda e responsabilidade, por um período de 5 anos após o término da pesquisa;
- Encaminhar os resultados da pesquisa para publicação, com os devidos créditos aos pesquisadores associados e ao pessoal técnico integrante do projeto; e
- Justificar fundamentadamente, perante o CEP ou a CONEP, interrupção do projeto ou a não publicação dos resultados.

Endereço: Rua Francisco Getúlio Vargas, n° 1130, Petrópolis, Campus-sede, Bloco M, sala 306
Bairro: PETROPOLIS **CEP:** 95.070-560
UF: RS **Município:** CAXIAS DO SUL
Telefone: (54)3218-2829 **E-mail:** cep-ucs@ucs.br

Continuação do Parecer: 5.476.646

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1890099.pdf	16/06/2022 15:37:24		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_detalhado_modificado_limpo_1.pdf	16/06/2022 15:36:08	JANAINA GUZZO ZECHIN KUFNER	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_detalhado_modificado_realce_1.pdf	16/06/2022 15:35:27	JANAINA GUZZO ZECHIN KUFNER	Aceito
Outros	Carta_resposta_1.pdf	16/06/2022 15:34:45	JANAINA GUZZO ZECHIN KUFNER	Aceito
Outros	Carta_resposta.pdf	21/04/2022 15:17:17	JANAINA GUZZO ZECHIN KUFNER	Aceito
Cronograma	Cronograma_modificado.pdf	21/04/2022 15:14:09	JANAINA GUZZO ZECHIN KUFNER	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_detalhado_modificado.pdf	21/04/2022 15:06:41	JANAINA GUZZO ZECHIN KUFNER	Aceito
Orçamento	Orcamento_modificado.pdf	21/04/2022 15:04:43	JANAINA GUZZO ZECHIN KUFNER	Aceito
Outros	Doacao_Dentes_3.pdf	13/02/2022 09:11:06	JANAINA GUZZO ZECHIN KUFNER	Aceito
Outros	Doacao_Dentes_2.pdf	13/02/2022 09:03:29	JANAINA GUZZO ZECHIN KUFNER	Aceito
Outros	Doacao_Dentes_1.pdf	13/02/2022 09:02:35	JANAINA GUZZO ZECHIN KUFNER	Aceito
Outros	Doacao_Dentes.pdf	13/02/2022 09:01:58	JANAINA GUZZO ZECHIN KUFNER	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Declaracao_pesquisadores_1.pdf	13/02/2022 08:59:52	JANAINA GUZZO ZECHIN KUFNER	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Declaracao_pesquisadores.pdf	13/02/2022 08:59:36	JANAINA GUZZO ZECHIN KUFNER	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Autorizacao_Tomograf.pdf	13/02/2022 08:58:59	JANAINA GUZZO ZECHIN KUFNER	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Autorizacao_StudioRx.pdf	13/02/2022 08:58:24	JANAINA GUZZO ZECHIN KUFNER	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Declaracao_instituicao_Engenharia.pdf	13/02/2022 08:57:30	JANAINA GUZZO ZECHIN KUFNER	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Declaracao_instituicao_Vida.pdf	13/02/2022 08:54:41	JANAINA GUZZO ZECHIN KUFNER	Aceito
Folha de Rosto	Folha_rosto.pdf	13/02/2022 08:42:54	JANAINA GUZZO ZECHIN KUFNER	Aceito

Endereço: Rua Francisco Getúlio Vargas, n° 1130, Petrópolis, Campus-sede, Bloco M, sala 306
Bairro: PETRÓPOLIS **CEP:** 95.070-560
UF: RS **Município:** CAXIAS DO SUL
Telefone: (54)3218-2829 **E-mail:** cep-ucs@ucs.br

UNIVERSIDADE DE CAXIAS
DO SUL - RS



Continuação do Parecer: 5.476.646

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

CAXIAS DO SUL, 20 de Junho de 2022

Assinado por:
Magda Bellini
(Coordenador(a))

Endereço: Rua Francisco Getúlio Vargas, nº 1130, Petrópolis, Campus-sede, Bloco M, sala 306
Bairro: PETROPOLIS **CEP:** 95.070-560
UF: RS **Município:** CAXIAS DO SUL
Telefone: (54)3218-2829 **E-mail:** cep-ucs@ucs.br

