

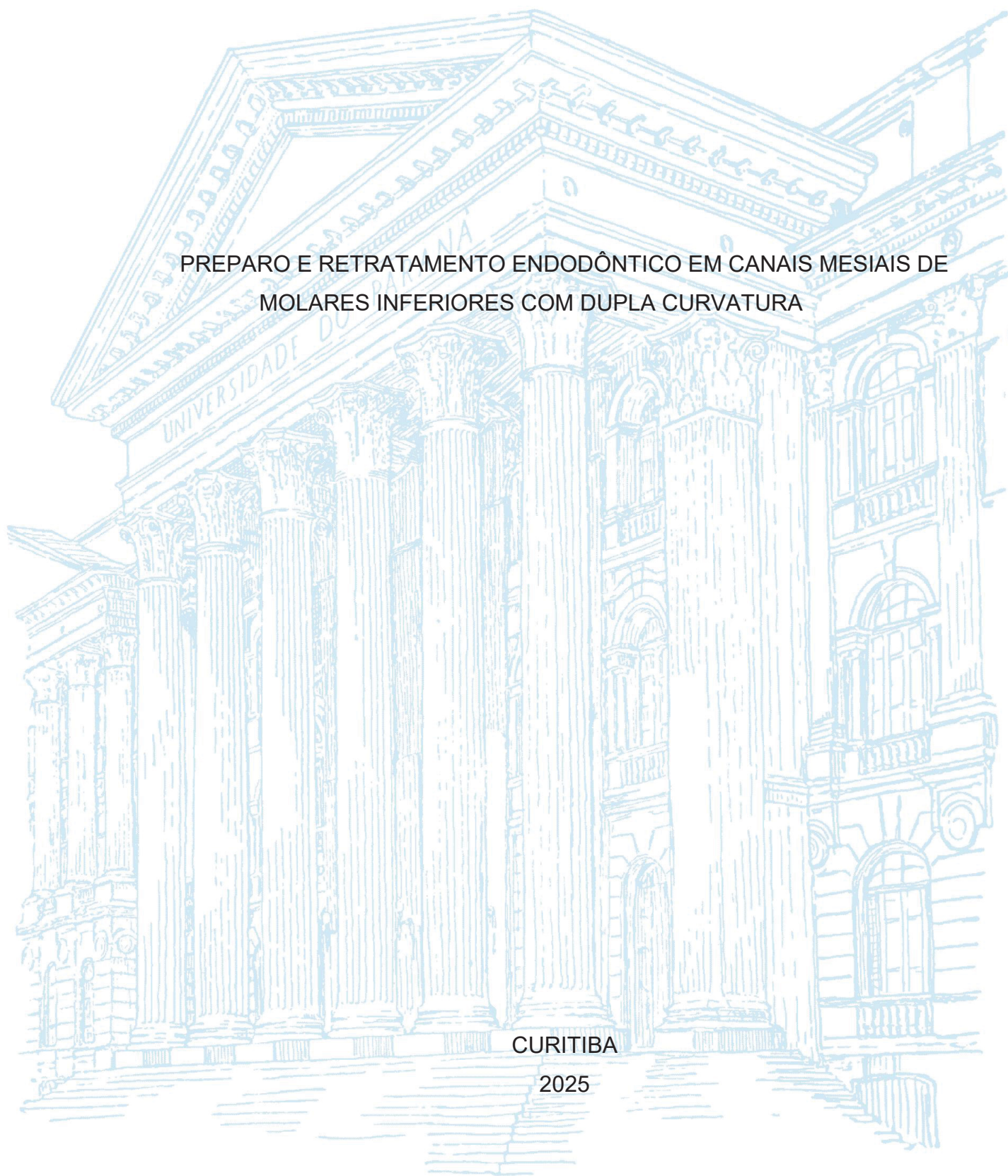
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

RENATA MAÍRA DE SOUZA LEAL

PREPARO E RETRATAMENTO ENDODÔNTICO EM CANAIS MESIAIS DE
MOLARES INFERIORES COM DUPLA CURVATURA

CURITIBA

2025



RENATA MAÍRA DE SOUZA LEAL

PREPARO E RETRATAMENTO ENDODÔNTICO EM CANAIS MESIAIS DE
MOLARES INFERIORES COM DUPLA CURVATURA

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia, área de concentração em Clínica Odontológica (Endodontia), nível Doutorado, Setor de Ciências da Saúde, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Odontologia.

Orientador: Prof. Dr. Bruno Cavalini Cavenago

CURITIBA

2025

Leal, Renata Maíra de Souza

Preparo e retratamento endodôntico em canais mesiais de molares inferiores com dupla curvatura [recurso eletrônico] / Renata Maíra de Souza Leal. – Curitiba, 2025.
1 recurso online : PDF

Tese (doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Odontologia.
Setor de Ciências da Saúde, Universidade Federal do Paraná, 2025.

Orientador: Prof. Dr. Bruno Cavalini Cavenago

1. Endodontia. 2. Dente molar. 3. Raiz dentária – Anatomia e histologia.
4. Preparo de canal radicular. 5. Retratamento. I. Cavenago, Bruno Cavalini.
II. Universidade Federal do Paraná. III. Título.

CDD 617.6342

Maria da Conceição Kury da Silva CRB 9/1275



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ODONTOLOGIA -
40001016065P8

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação ODONTOLOGIA da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da tese de Doutorado de **RENATA MAÍRA DE SOUZA LEAL**, intitulada: **Preparo e retratamento endodôntico em canais mesiais de molares inferiores com dupla curvatura**, sob orientação do Prof. Dr. BRUNO CAVALINI CAVENAGO, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de doutora está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 29 de Maio de 2025.

Assinatura Eletrônica
05/06/2025 15:57:08.0
BRUNO CAVALINI CAVENAGO
Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica
03/06/2025 16:23:44.0
MARINA ANGÉLICA MARCIANO DA SILVA
Avaliador Externo (FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA
DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS)

Assinatura Eletrônica
03/06/2025 17:06:21.0
MARIO TANOMARU FILHO
Avaliador Externo (FACULDADE DE ODONTOLOGIA - CAMPUS
ARARAQUARA)

Assinatura Eletrônica
03/06/2025 20:44:50.0
CLARISSA TELES RODRIGUES
Avaliador Externo (DEPARTAMENTO DE ODONTOLOGIA
RESTAURADORA)

Assinatura Eletrônica
17/06/2025 15:07:10.0
BRUNO MARQUES DA SILVA
Avaliador Externo (UNIVERSIDADE POSITIVO)

Dedico esta tese à minha avó, Elidia Rossa, que partiu enquanto eu ainda percorria este caminho. Sua ausência me ensinou, com dor, o valor do tempo e da presença. Entre aulas e prazos, muitas vezes estive distante, e hoje compreendo o quanto isso custou. Que este trabalho leve consigo meu amor, minha saudade e minha eterna gratidão.

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho representa não apenas a conclusão de uma etapa acadêmica, mas também o resultado de uma caminhada longa, construída com o apoio e a presença de pessoas fundamentais, às quais expresso minha mais sincera gratidão.

Agradeço a Deus, por sustentar meus passos ao longo desta trajetória, e à Nossa Senhora Aparecida, por sua constante intercessão e amparo espiritual.

À minha família, meu alicerce em todos os momentos. Aos meus pais, por todo amor, valores e pelo apoio incondicional que sempre me ofereceram. À minha irmã, que sempre acreditou em mim e esteve ao meu lado em todas as etapas, com amor, incentivo e companheirismo. Ao meu noivo, cuja presença constante, paciência e apoio tornaram possível atravessar os momentos mais desafiadores desta jornada. À memória da minha avó, Elidia Rossa, cuja ausência se faz sentida, mas cujo amor permanece vivo em mim.

Ao Professor Dr. Bruno Cavallini Cavenago, meu orientador desde a graduação, deixo minha profunda gratidão por sua paciência, generosidade e confiança em meu potencial. Sua orientação sempre marcada por respeito e abertura, foi essencial para meu desenvolvimento acadêmico e profissional, e abriu caminhos que levarei comigo por toda a vida.

À CAPES, pela concessão das bolsas de estudos no Brasil e no exterior, que foram fundamentais para a viabilização deste doutorado. À Professora Dra. Reinhilde Jacobs e à Universidade Católica de Leuven (KU Leuven, Bélgica) pela oportunidade de realizar parte desta formação fora do país, que me proporcionou não apenas crescimento acadêmico, mas também experiências de vida enriquecedoras e amizades inesquecíveis.

À Universidade Federal do Paraná e ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia, expresso minha gratidão por todo o conhecimento, apoio institucional e pelas experiências extraordinárias vividas ao longo da graduação, mestrado e doutorado. Esta universidade foi o espaço onde me formei como cirurgiã-dentista, pesquisadora, professora e ser humano.

Aos professores de Endodontia que cruzaram meu caminho, agradeço profundamente pela inspiração que me levaram não apenas a escolher esta

especialidade, mas também a desejar seguir o caminho do magistério. Seus exemplos foram decisivos na construção da profissional que me tornei.

A todos os professores, colegas, amigos e colaboradores que, de alguma forma, contribuíram para a construção desta tese, deixo meu reconhecimento e meu sincero agradecimento. Cada palavra de incentivo, gesto de apoio e troca de saberes teve um papel importante nesta caminhada.

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo realizar uma avaliação da anatomia de raízes mesiais de molares inferiores com dupla curvatura, da qualidade do preparo endodôntico e a eficiência do retratamento nesse grupo dentário. Além disso, avaliar a acurácia do diagnóstico de fraturas radiculares verticais (FRV) em imagens de tomografia de contagem de fótons (TCCF) em comparação com tomógrafos de feixe cônico (TCFC). **Artigo 1:** Trinta molares inferiores com dupla curvatura na raiz mesial foram escaneados por microtomografia computadorizada (micro-CT). Os canais tipo I e II (Vertucci, 1984) foram os mais prevalentes (25%), com istmos tipo V (Hsu e Kim, 1997). 36.67% dos canais eram ovalados à 1 mm aquém do vértice apical, com a primeira curvatura se apresentando em média à 7.85 mm aquém do vértice apical e 17.33 graus, e a segunda curvatura à 3.36 mm e 38.27 graus. **Artigo 2:** 26 raízes mesiais de molares inferiores com dupla curvatura foram divididas em 2 grupos (n = 13) e preparadas com os sistemas HyFlex EDM ou VDW.Rotate com instrumentos 0.25 e 0.40. Avaliado por micro-CT, o preparo 0.40 com instrumentos VDW.Rotate resultou em um maior aumento de volume e menor acúmulo de detritos no terço apical, bem como maior transporte e menor capacidade de centralização ($p < 0,05$). Os sistemas HyFlex EDM e VDW.Rotate demonstraram desempenho semelhante até o preparo 0.25 e ambos proporcionaram um preparo sem acidentes em 0.40. **Artigo 3:** Dezoito canais radiculares de raízes mesiais de molares inferiores com dupla curvatura foram preparados endodonticamente e obturados com cones de guta-percha 40.04. Os espécimes foram divididos em dois grupos (n = 9): Reciproc Blue R40 e Reciproc R40 + solvente a base de óleo de laranja. O sistema HyFlex EDM 50.03 foi utilizado após a remoção da obturação para ampliação apical. Avaliados por micro-CT, o remanescente de material obturador foi significativamente maior na região apical e a ampliação apical com o instrumento HyFlex EDM 50.03 reduziu significativamente o remanescente de material obturador sem causar complicações. As análises de capacidade de transporte e centralização indicaram semelhanças entre os dois grupos. O uso do solvente não influenciou significativamente na remoção do material obturador. **Artigo 4:** Dezoito dentes unirradiculados foram preparados endodonticamente e a fratura radicular vertical (FRV) foi induzida em oito deles. Os dentes foram posicionados individualmente em um alvéolo vazio de um *phantom* antropomórfico e foram escaneados em 3 condições (sem pino metálico, com pino metálico de Níquel-Cromo e pino metálico

de Cromo-Cobalto), em um tomógrafo computadorizado de contagem de fótons (TCCF) NAEOTOM Alpha, e quatro tomógrafos computadorizado de feixe cônico (TCFC), o 3D Accuitomo 170, Veraview X800, NewTom VGi e Carestream 9600, totalizando 270 imagens. Cinco radiologistas avaliaram as imagens. O TCCF apresentou bons resultados de precisão e sensibilidade no diagnóstico das FRV na presença de pinos metálicos, semelhante aos tomógrafos 3D Accuitomo, NewTom VGi e CS9600, e resultados significativamente melhores quando comparado ao tomógrafo Veraview X800. Assim, as varreduras de TCCF, obtidas por outros motivos clínicos, podem ser utilizadas para diagnosticar a FRV.

Palavras-chave: anatomia; fratura radicular; micro-CT; preparo do canal radicular; retratamento;

ABSTRACT

The present study aimed to evaluate the anatomy of mesial roots of mandibular molars with double curvature, the quality of root canal preparation, and the effectiveness of retreatment in this group of teeth. Additionally, it assessed the diagnostic accuracy of vertical root fractures (VRF) using photon-counting computed tomography (PCCT) compared to cone-beam computed tomography (CBCT). **Article 1:** Thirty mandibular molars with double curvature in the mesial root were scanned using micro-computed tomography (micro-CT). Vertucci's type I and II canal configurations (1984) were the most prevalent (25%), with type V isthmuses according to Hsu and Kim (1997). 36.67% of the canals were oval-shaped at 1 mm from the apical foramen. The first curvature was located, on average, 7.85 mm from the apex with an angle of 17.33 degrees, and the second at 3.36 mm with an angle of 38.27 degrees. **Article 2:** 26 mesial roots of mandibular molars with double curvature were divided into two groups ($n = 13$) and prepared using HyFlex EDM and VDW.Rotate 0.25 and 0.40 systems. Evaluated by micro-CT, the 0.40 preparation using VDW.Rotate instruments resulted in greater volume increase and less debris accumulation in the apical third, as well as greater canal transportation and lower centering ability ($p < 0.05$). HyFlex and VDW.Rotate showed similar performance up to the 0.25 preparation, and both enabled safe preparations at 0.40 without procedural errors. **Article 3:** Eighteen root canals of mesial roots of mandibular molars with double curvature were endodontically prepared and filled with 40.04 gutta-percha cones. The specimens were divided into two groups ($n = 9$): Reciproc Blue R40 and Reciproc R40 + orange oil-based solvent. The HyFlex EDM 50.03 system was used for apical enlargement after filling removal. Micro-CT analysis showed that the amount of remaining filling material was significantly greater in the apical region, and apical enlargement with the HyFlex EDM 50.03 significantly reduced the amount of residual material without causing complications. Transportation and centering ability analyses revealed similarities between groups, and the use of solvent did not significantly influence material removal. **Article 4:** Eighteen single-rooted teeth were endodontically prepared, and VRF were induced in eight of them. Teeth were individually placed in an empty socket of an anthropomorphic phantom and scanned under three conditions (without metallic post, with Nickel-Chromium post, and with Cobalt-Chromium post) using a PCCT

(NAEOTOM Alpha) and four CBCT scanners (3D Accuitomo 170, Veraview X800, NewTom VGi evo, and Carestream 9600), totaling 270 images. Five radiologists evaluated the images. The PCCT demonstrated fine accuracy and sensitivity for diagnosing VRF in the presence of metallic posts, comparable to the 3D Accuitomo, NewTom VGi, and CS9600, and significantly better results than the Veraview X800. Therefore, PCCT scans acquired for other clinical purposes can be used for VRF diagnosis.

Keywords: anatomy; micro-CT; retreatment; root canal preparation; root fracture.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1, ARTIGO 1 – Representação tridimensional dos canais radiculares com vistas nos sentidos vestibulo-lingual e méso-distal dos tipos I (A), II (B) e III (C) de Vertucci.....	36
FIGURA 2, ARTIGO 1 – Conformação dos istmos nos diferentes segmentos avaliados	37
FIGURA 1, ARTIGO 2 – PRILE fluxograma	54
FIGURA 2, ARTIGO 2 - Modelos 3D representativos (à esquerda) e secções transversais dos terços apical, médio e cervical (à direita) das raízes mesiais dos molares inferiores preparadas com os sistemas HyFlex EDM ou VDW.Rotate, representados antes (em verde), após o uso dos instrumentos 0.25 (em roxo) e 0.40 (em amarelo).....	62
FIGURA 3, ARTIGO 2 - Modelos 3D representativos (à esquerda) e secções transversais dos terços apical, médio e cervical (à direita) das raízes mesiais de molares inferiores preparadas com os sistemas HyFlex EDM ou VDW.Rotate mostrando a quantidade de debris (em preto) após o preparo do canal radicular com instrumentos 0.25 e 0.40.....	63
FIGURA 1, ARTIGO 3 - Imagem representativa dos cortes axiais nos segmentos de 1, 3, 5 e 7 mm aquém do vértice apical dos canais radiculares obturados, após a remoção do material obturador com o instrumento Reciproc Blue R40 e após a dilatação dos canais radiculares com o instrumento HyFlex EDM 50.03. O grupo (a) representa o grupo 1 (Reciproc Blue) e o grupo (b) representa o grupo 2 (Reciproc Blue + solvente).....	83
FIGURA 1, ARTIGO 4 - Indução de fratura vertical da raiz. (a) Máquina Instron 8802; (b) Ponta metálica cônica inserida na abertura do canal radicular; (c) Setas vermelhas indicando a presença da FRV.....	99
FIGURA 2, ARTIGO 4 - Mandíbula humana adulta dentada seca e coberta com Mix D com um dente posicionado em um alvéolo edêntulo de um primeiro pré-molar inferior com a ausência (a) e presença de um pino metálico intrarradicular (c). <i>Phanton</i> - Crânio com uma mandíbula humana adulta dentada seca e coberta com Mix D com um dente posicionado em um alvéolo edêntulo de um primeiro pré-molar inferior, posicionado de forma padronizada, usando linhas-guia de um equipamento de TCFC, com a ausência (b) e presença de um pino metálico intrarradicular (d).	

<i>Phanton</i> - Crânio com uma mandíbula humana adulta dentada seca e coberta com Mix D posicionado de forma padronizada, usando linhas-guia do equipamento de TCCF NAEOTOM Alpha de referência (e).....	100
FIGURA 3, ARTIGO 4 - Representação das reconstruções axiais dos diferentes grupos e aparelhos avaliados.....	101

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1, ARTIGO 1 – Os pontos representam os ângulos na primeira e segunda curvaturas	40
GRÁFICO 2, ARTIGO 1 – Os pontos representam os níveis da primeira e segunda curvaturas.....	41

LISTA DE TABELAS

TABELA 1, ARTIGO 1 – Porcentagem (%) de istmos classificados de acordo com Hsu e Kim (1997) nos diferentes níveis radiculares avaliados.....	38
TABELA 2, ARTIGO 1 - Volume (mm ³) dos canais radiculares e dentina nos cinco segmentos avaliados.....	38
TABELA 3, ARTIGO 1 - Média e desvio padrão, mínimo e máximo valores referentes ao maior e menor diâmetro (mm) ao nível de 1 mm aquém do vértice apical e na junção cimento-esmalte (JCE).....	39
TABELA 4, ARTIGO 1 - Porcentagem (%) de canais radiculares ovais mensurados por meio da relação entre o maior e o menor diâmetro nos níveis de 1 mm aquém do vértice apical e na junção cimento-esmalte (JCE). Os dados contidos nos campos referentes a escala de 0-2 correspondem a canais circulares. Valores nas escalas maiores que 2 representam canais ovais, aumentando progressivamente.....	39
TABELA 1, ARTIGO 2 - Média ± desvio padrão do comprimento (mm), ângulo (°) da primeira e segunda curvatura e volume dos canais radiculares (mm ³) em imagens pré-operatórias e volume dos canais radiculares (mm ³), aumento do volume (%), paredes não tocadas (%) e debris acumulados (%) após o preparo do canal radicular com instrumentos 0.25 e 0.40.....	59
TABELA 2, ARTIGO 2 - Média ± desvio padrão ou mediana [intervalo interquartil] dos valores de aumento do volume (%), paredes não tocadas (%) e debris acumulados (%) após o preparo do canal radicular com instrumentos 0.25 e 0.40 em uma avaliação por terços do canal radicular.....	60
TABELA 3, ARTIGO 2 - Média ± desvio padrão da capacidade de centralização e transporte do canal radicular após o preparo do canal radicular com os instrumentos 0.25 e 0.40.....	61
TABELA 1, ARTIGO 3 - Valores de média e desvio padrão, em porcentagem (%), do remanescente de material obturador após a remoção do material obturador (Reciproc Blue R40) e ampliação apical (HyFlex EDM 50.03) avaliados por terços.....	80
TABELA 2, ARTIGO 3 – Valores de média e desvio padrão do transporte do canal radicular após a remoção do material obturador (Reciproc Blue R40) e ampliação apical (HyFlex EDM 50.03) avaliados por terços.....	81

TABELA 3, ARTIGO 3 - Valores de média e desvio padrão da centralização do preparo canal radicular após a remoção do material obturador (Reciproc Blue R40) e ampliação apical (HyFlex EDM 50.03) avaliados por terços.....	82
TABELA 1, ARTIGO 4 - Parâmetros de varredura nos diferentes aparelhos de imagem.....	102
TABELA 2, ARTIGO 4 - Concordância intra e inter-examinadores para a detecção de fraturas radiculares verticais.....	103
TABELA 3, ARTIGO 4 - Valores médios (desvio padrão) para a área sob a curva característica de operação do receptor (AUC) de acordo com a ausência de pino metálico, presença de pino metálico de Ni-Cr e presença de pino metálico de Cr-Co.....	104
TABELA 4, ARTIGO 4 - Valores médios (desvio padrão) de sensibilidade de acordo com a ausência de pino metálico, presença de pino metálico de Ni-Cr e presença de pino metálico de Cr-Co.....	105
TABELA 5, ARTIGO 4 - Valores médios (desvio padrão) de especificidade de acordo com a ausência de pino metálico, presença de pino metálico de Ni-Cr e presença de pino metálico de Cr-Co.....	105

LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS

ANOVA	- Análise de variância.
AUC	- Área sob a curva ROC.
Cr-Co	- Cromo-Cobalto.
EDM	- Usinagem por descarga elétrica.
EDTA	- Ácido etilenodiaminotetracético.
FRV	- Fratura radicular vertical.
JCE	- Junção cimento-esmalte.
MICRO-CT	- Microtomografia computadorizada.
NAOCI	- Hipoclorito de sódio.
Ni-Cr	- Níquel-Cromo.
Ni-Ti	- Níquel-Titânio.
ROC	- Característica de operação do operador.
SNR	- Relação sinal-ruído
TC	- Tomografia computadorizada.
TCCF	- Tomografia computadorizada de contagem de fótons.
TCFC	- Tomografia computadorizada de feixe cônico.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
2	OBJETIVOS	30
2.1	OBJETIVO GERAL	30
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	30
3	ARTIGO 1.....	32
3.1	TÍTULO	32
3.2	RESUMO	32
3.3	INTRODUÇÃO	33
3.4	MATERIAIS E MÉTODOS	34
3.5	RESULTADOS	36
3.6	DISCUSSÃO	41
3.7	CONCLUSÕES	45
3.8	REFERÊNCIAS	45
4	ARTIGO 2.....	50
4.1	TÍTULO	51
4.2	RESUMO	51
4.3	INTRODUÇÃO	51
4.4	MATERIAIS E MÉTODOS	53
4.5	RESULTADOS	57
4.6	DISCUSSÃO	64
4.7	CONCLUSÕES	67
4.8	REFERÊNCIAS	67
5	ARTIGO 3.....	72
5.1	TÍTULO	72
5.2	RESUMO	72
5.3	INTRODUÇÃO	73
5.4	MATERIAIS E MÉTODOS	75
5.5	RESULTADOS	78
5.6	DISCUSSÃO	83
5.7	CONCLUSÕES	86
5.8	REFERÊNCIAS	87
6	ARTIGO 4.....	94

6.1	TÍTULO	94
6.2	RESUMO	94
6.3	INTRODUÇÃO	95
6.4	MATERIAIS E MÉTODOS	97
6.5	RESULTADOS	103
6.6	DISCUSSÃO	106
6.7	CONCLUSÕES	108
6.8	REFERÊNCIAS	109
	REFERÊNCIAS.....	113
	ANEXO 1 - PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP/SD/UFPR.....	132
	ANEXO 2 - PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP/KULEUVEN.....	137
	ANEXO 3 - NORMAS PARA PUBLICAÇÃO DO JORNAL THE SAUDI DENTAL JOURNAL.....	138
	ANEXO 4 - NORMAS PARA PUBLICAÇÃO DO JORNAL AUSTRALIAN ENDODONTIC JOURNAL.....	149
	ANEXO 5 - NORMAS PARA PUBLICAÇÃO DO JORNAL INTERNATIONAL ENDODONTIC JOURNAL.....	160
	ANEXO 6 - PARÂMETROS UTILIZADOS PARA AQUISIÇÃO DA MICRO-CT 1172 E RECONSTRUÇÃO DAS IMAGENS.....	176
	ANEXO 7 - PARÂMETROS UTILIZADOS PARA AQUISIÇÃO DA MICRO-CT 1174 E RECONSTRUÇÃO DAS IMAGENS.....	180

1 INTRODUÇÃO

A terapia endodôntica consiste na remoção completa do tecido pulpar, que pode estar em normalidade, inflamado ou infectado (VERTUCCI; WILLIAMS, 1974). Esse procedimento envolve o preparo químico-mecânico do sistema de canais radiculares, necessário para promover limpeza e descontaminação, por meio do acesso facilitado das soluções irrigadoras e medicamentos (HÜLSMANN et al., 2005). Consequentemente, canais modelados e limpos estarão aptos a receber uma obturação com condições de promover um melhor selamento, contribuindo para um prognóstico mais favorável do tratamento endodôntico.

É de suma importância manter a forma original do canal radicular durante a modelagem no tratamento endodôntico, o tanto quanto possível, e preservar a integridade estrutural da raiz (BURROUGHS et al., 2012; DE-DEUS et al., 2017; ERSEV et al., 2010; SCHILDER et al., 1974).

Estudos anteriores revelaram a diversidade e complexidade do sistema de canais radiculares, demonstrando uma grande variabilidade tanto nos diferentes grupos dentários, quanto em elementos do mesmo grupo (PETERS et al., 2000; VERTUCCI; WILLIAMS, 1974; VERTUCCI, 2005; WU et al., 2000), sendo o conhecimento profundo da anatomia dos canais radiculares, bem como de suas complexidades e variações, de suma importância para o diagnóstico e prevenção de falhas durante a terapia endodôntica, impactando no índice de sucesso.

A configuração da anatomia do sistema de canais radiculares pode representar um grande desafio ao tratamento endodôntico e seu domínio é estabelecido através do conhecimento e diagnóstico clínico (BARUWA et al., 2020; CAPUTO et al., 2016). A presença de complexidades anatômicas pode aumentar os desafios associados ao preparo do canal radicular, deixando muitas vezes áreas não tocadas, e, consequentemente, levando a permanência de resíduos pulpares e/ou necróticos, e de microrganismos no canal radicular, aumentando o risco da instalação ou persistência da periodontite apical após o tratamento endodôntico (SIQUEIRA JUNIOR et al., 2018).

Os molares se diferenciam dos demais grupos dentários devido ao seu maior número de raízes e canais radiculares, posicionamento na arcada dentária, e canais de menor diâmetro e curvaturas radiculares mais intensas e frequentes (CHUPPANI et al., 2019; VILLAS-BÔAS et al., 2011). Muitas características anatômicas

encontradas nos molares elevam o grau de dificuldade da realização do tratamento endodôntico, dentre elas, canais com conformação em C, istmos, canais laterais, ramificações apicais, fusionalmento de raízes, curvaturas acentuadas e/ou dupla curvatura (em forma de “S”) (AL-RAMMAHI et al., 2023; CHUPPANI et al., 2019; HARRIS et al., 2013; VILLAS-BOAS et al., 2011). Frequentemente os molares inferiores apresentam duas raízes radiculares, sendo uma mesial e outra distal (AL-HABIB et al., 2024; VERTUCCI, 2005). A dupla curvatura radicular pode ser mais frequentemente encontrada na raiz mesial dos molares inferiores (SCHÄFER et al., 2002), sendo que a primeira curvatura percorre no sentido distal para mesial, podendo ser encontrada no terço médio ou cervical da raiz. Já a segunda curvatura, apresenta sentido inverso e, normalmente, ocorre no terço apical da raiz. Em um estudo realizado por Schäfer et al., em 2002, eles avaliaram a anatomia de 50 primeiros molares inferiores e 50 segundos molares inferiores, e relataram uma incidência de 22 a 35% de presença de dupla curvatura nos canais radiculares mesiais de primeiros molares inferiores, e 17 a 59% em segundos molares inferiores (SCHÄFER et al., 2002).

O emprego da microtomografia computadorizada (micro-CT), vem sendo amplamente utilizado em estudos referentes à anatomia e preparo mecânico dos canais radiculares de diferentes grupos dentários (CAVENAGO et al., 2024; PETERS et al., 2000; VERSIANI et al., 2013). Além de fornecer imagens em três dimensões, é uma tecnologia não destrutiva, muito indicada para avaliar o diâmetro apical de molares inferiores em que dois canais estão presentes, pois os cortes podem ser reorientados de maneira não invasiva, para obter uma secção perpendicular de cada canal radicular (VILLAS-BÔAS et al., 2011). O seu uso associado a mensurações via softwares, geram informações com alto grau de precisão (RHODES et al., 1999) e sua eficácia está associada à alta resolução espacial, cortes extremamente finos e rotação completa de 360°, o que possibilita a identificação precisa de detalhes anatômicos complexos (AL-RAMMAHI et al., 2023).

Na avaliação da anatomia original por micro-CT, pode-se determinar o volume e diâmetro dos canais radiculares e complexidades, como istmos, deltas apicais, canais acessórios e curvaturas, que irão refletir na discussão de protocolos de instrumentação desses canais radiculares (VERSIANI et al., 2013; LEE et al., 2015). Na avaliação de técnicas de tratamento e retratamento endodôntico, a micro-CT permite analisar a capacidade de modelagem de diferentes instrumentos

endodônticos, áreas não tocadas por esses instrumentos, debris acumulados, transporte e centralização (LEAL et al., 2025; SIQUEIRA JUNIOR et al., 2018); e material obturador remanescente após a desobturação dos canais radiculares, ampliação apical e técnicas complementares de limpeza (COPELLI et al., 2025; VOLPONI et al., 2020).

A terapia endodôntica bem-sucedida, preservando a estrutura anatômica original do canal radicular, pode ser particularmente desafiadora em canais radiculares curvos (CHANIOTIS et al., 2022; PETERS, 2004). Em canais com dupla curvatura, no momento da instrumentação, o instrumento sofre dois pontos de tensão, aumentando as chances de fratura ou de falhas durante o preparo mecânico, como transporte apical, zipping, perfurações radiculares e desvios na trajetória original do canal radicular (LA ROSA et al., 2023; PETERS et al., 2004), dificultando a preservação da integridade da anatomia do canal radicular e a manutenção da localização do forame apical. Essa complexidade anatômica reduz a resistência dos instrumentos de Níquel-Titânio (NiTi) à fadiga cíclica, diminuindo significativamente o número de ciclos até a fratura em comparação com canais retos ou de curvatura única (AL-SUDANI et al., 2012; LA ROSA et al., 2023). Além disso, a dupla curvatura limita a penetração das cânulas de irrigação na região do terço apical, dificultando a inserção soluções irrigadoras além da segunda curvatura (SU et al., 2014), que pode levar ao comprometimento do processo de desinfecção. A morfologia irregular do canal radicular também dificulta a remoção de detritos intracanaís (PETERS, 2004), aumentando a probabilidade da presença microbiana (LIN et al., 2005), que, conseqüentemente, irão impedir a completa obturação do sistema de canais radiculares (WU et al., 2000), podendo comprometer o prognóstico do tratamento e retratamento endodôntico (CHANIOTIS et al., 2022).

A seleção de um instrumento ou sistema de instrumentos adequado para o preparo mecânico do canal radicular também irá refletir no sucesso do tratamento endodôntico. O primeiro conceito do uso de ligas de NiTi na fabricação de instrumentos endodônticos foi relatado em 1975 (CIVJAN et al., 1975), devido as suas propriedades físicas e de memória de forma. Mas, apenas em 1988, foram introduzidos os primeiros instrumentos endodônticos de NiTi, fabricados por usinagem de fio ortodôntico (WALIA, BRANTLEY e GERSTEIN, 1988). Nos últimos anos, pesquisadores desenvolveram novas composições de ligas metálicas e tratamentos térmicos para aumentar a flexibilidade e a resistência à fadiga cíclica

dos instrumentos de NiTi, permitindo um preparo mais eficiente e centralizado de canais curvos sem remoção excessiva de dentina (DE-DEUS et al., 2017).

O tratamento térmico da liga metálica de NiTi que resulta em memória controlada (CM), introduzido no mercado em 2010 (Johson City, TN, EUA), foi projetado para aumentar a flexibilidade e reduzir as propriedades de memória de forma dos instrumentos (GUTMAN & GAO, 2012; GAVINI et al., 2018), proporcionando ao instrumento maior resistência à fadiga cíclica, com relatos que variam de 300% a 800% maior, quando comparados aos instrumentos com liga de NiTi convencional (GOO et al., 2017; PETERS et al., 2012; PLOTINO et al., 2014). O sistema HyFlex CM (Coltene Whaledent, Altstätten, Suíça) que apresenta a referida tecnologia, chegou ao mercado em 2011, com maior resistência à fadiga cíclica em comparação a outros instrumentos de NiTi convencional (PETERS et al., 2012), reduzindo o risco de transporte e perfuração durante o preparo mecânico dos canais radiculares. Com a mesma liga NiTi, em 2016, foi apresentado ao mercado o sistema HyFlex EDM (Coltene Whaledent, Altstätten, Suíça), que é fabricado com tratamento térmico de usinagem de descarga elétrica (EDM). Esses processos melhoram significativamente a flexibilidade e a resistência à fadiga cíclica dos instrumentos, otimizando a resistência à fratura em até 700% em comparação com a liga CM convencional (PEDULLÀ et al., 2016; PIRANI et al., 2016; GOO et al., 2017). As secções transversais desse instrumento são triangulares no terço cervical, trapezoidais no terço médio e quadráticas na região apical (Brochura HyFlex EDM, 2016). Esse sistema modela canais radiculares com maior segurança, respeitando a anatomia original, obtendo um bom desempenho em relação ao transporte e centralização no canal radicular (VENINO et al., 2017).

Outra tecnologia, introduzida em 2012 pela Dentsply Sirona, a qual os instrumentos são repetidamente tratados termicamente e, em seguida, resfriados, resultando na formação de uma camada de óxido de titânio na sua superfície, conferindo um tom azulado ao instrumento, é denominada de tratamento térmico Blue. O primeiro sistema que empregou esse tratamento térmico foi o sistema Vortex Blue (Dentsply Sirona), o qual aumentou a eficiência de corte, resistência à fadiga cíclica e flexibilidade do instrumento quando comparada a liga M-Wire e Ni-Ti convencional (GUTMAN & GAO, 2012; PLOTINO et al., 2014). Kirici e colaboradores, em 2020, compararam os sistemas Rciproc M-Wire e Reciproc Blue (VDW, Munique, Alemanha) no preparo de canais radiculares curvos de molares

inferiores, e relataram a ocorrência significativamente maior de transporte apical dos canais radiculares preparados com o sistema de liga M-Wire (KIRICI et al., 2020).

Os instrumentos VDW.Rotate (VDW GmbH, Munique, Alemanha), são instrumentos produzidos pelo mesmo fabricante do sistema Reciproc Blue. Possuem uma secção transversal em forma de “S” adaptada, sendo projetada para aumentar a eficiência do corte (Brochura VDW.Rotate, 2019) e estão disponíveis em diferentes diâmetros de pontas e conicidades. Um estudo recente observou que as limas VDW.Rotate demonstraram uma resistência superior à fadiga cíclica em comparação com outros instrumentos flexíveis, como as limas HyFlex CM (KESKIN et al., 2021), e um estudo multimétodo destacou que esse sistema oferece uma combinação completa de propriedades mecânicas e design (SILVA et al., 2024), tornando-as uma escolha promissora para o manuseio de anatomias complexas do canal radicular.

Uma forma de facilitar a instrumentação e minimizar erros em canais radiculares com conformação em “S”, é o uso de instrumentos de ligas de Ni-Ti tratadas termicamente (DE-DEUS et al., 2015), pois apresentam menor transporte do canal radicular, menor acúmulo de debris e maior preservação da estrutura dentinária (BARDSLEY et al., 2011), reduzindo assim a possibilidade de produzir irregularidades no canal radicular, como o desgaste excessivo em áreas de risco, formação de degraus e perfurações (ÖZYÜREK e DEMIRYÜREK, 2016).

Está bem estabelecido na literatura que o aumento do alargamento apical favorece a limpeza e a descontaminação dos canais radiculares, independentemente do tipo de solução irrigadora utilizada, pois além de tocarem mais superfícies, removendo mais biofilme aderido a dentina, aumentam a eficácia mecânica e química da irrigação, permitindo uma penetração mais profunda da cânula de irrigação e, conseqüentemente, um maior volume da solução no terço apical (BRUNSON et al., 2010; RODRIGUES et al., 2017). DE-DEUS et al. (2015), observaram uma redução significativa no acúmulo de debris (34%) e um melhor fluxo apical do irrigante após o aumento do preparo realizado com instrumentos 0.25 de diâmetro de ponta para instrumentos 0.40 em canais radiculares mesiais de molares inferiores. No entanto, ainda não há um consenso na literatura de qual é o diâmetro ideal para o preparo apical nos diferentes grupos dentários, pois a dilatação apical fica limitada à condição anatômica individualizada e às possíveis variações na configuração dos canais radiculares (PETERS, 2004). Além disso,

apenas alguns estudos investigaram os efeitos do alargamento apical em canais radiculares com dupla curvatura (BURROUGHS et al., 2012; ZHANG et al., 2008).

A maioria dos estudos que avaliaram a modelagem em canais em forma de “S”, utilizou canais simulados em blocos de resina (KESKIN et al., 2021; ÖZYÜREK e DEMIRYÜREK, 2016). Assim, os resultados dessas simulações devem ser interpretados com cautela quando aplicados a condições clínicas, pois existem diferenças estruturais significativas entre a resina e a dentina (PÉREZ et al., 2021). Os blocos de resina não possuem as irregularidades anatômicas significativas e as curvaturas multiplanares inerentes aos dentes naturais (VILLAS-BÔAS et al., 2011) e, portanto, não conseguem reproduzir totalmente os desafios da instrumentação de canais radiculares humanos verdadeiros. Além disso, as propriedades mecânicas da resina diferem consideravelmente das da dentina. A resina tem uma superfície de dureza mais baixa do que a da dentina, o que significa que as forças de corte em dentes naturais podem ser mais do que o dobro daquelas necessárias para a resina. O calor gerado pelos instrumentos mecanizados pode amolecer a resina, aumentando o risco de deformação do instrumento ou fratura (BANE et al., 2015; ZHANG et al., 2008), um problema que não é tão relevante na dentina natural.

Apesar dos desafios de selecionar amostras emparelhadas com características semelhantes do canal radicular em forma de “S”, o uso de dentes humanos naturais apresenta vantagens claras (HÜLSMANN et al., 2005). Ele permite uma replicação mais precisa dos procedimentos e resultados clínicos, o que é particularmente importante ao estudar variações anatômicas como canais em forma de “S”. Essa abordagem aumenta o valor dos resultados, tornando-os mais aplicáveis à prática clínica do mundo real e contribuindo para uma compreensão mais realista do desempenho dos instrumentos endodônticos em condições anatômicas complexas.

Apesar do aumento do alargamento apical favorecer a limpeza e a descontaminação dos canais radiculares, a periodontite apical, doença inflamatória dos tecidos perirradiculares, pode surgir ou persistir após o tratamento endodôntico do canal radicular, quando o mesmo não foi eficaz na desinfecção intrarradicular (NAIR, 2006; SIQUEIRA, 2001; WANG et al., 2013). Estudos anteriores revelam que a taxa de sucesso do tratamento endodôntico varia entre 81 a 93% (LÓPEZ-VALVERDE et al., 2023; PATEL et al., 2024) e, em casos de insucesso, o retratamento endodôntico convencional é a primeira opção clínica (TORABINEJAD et al., 2009). O retratamento endodôntico vai estar associado a maiores desafios

para se alcançar o sucesso, devido a anatomia do sistema de canais radiculares e as propriedades físico-químicas dos materiais obturados (ALVES et al., 2016; COPELLI et al., 2025; DA ROSA et al., 2015; SILVEIRA et al., 2018).

O retratamento endodôntico costuma ser a primeira opção de tratamento antes da proposta de um procedimento cirúrgico, e, dentre outros fatores, a completa remoção dos materiais obturadores é especialmente importante nessa opção devido à possibilidade de tecido necrótico e microrganismos presentes na guta-percha e cimentos endodônticos serem responsáveis pela ocorrência ou manutenção da doença após o retratamento (SCHIRRMESTER et al., 2006). A literatura revela que os índices de sucesso dos retratamentos endodônticos variam de 84,1% a 88,6% (CHERCOLES-RUIZ et al., 2017).

O retratamento endodôntico requer a remoção segura e eficiente dos materiais obturadores do sistema de canais radiculares, o reparo químico-mecânico e um novo preenchimento obturador, criando condições favoráveis a recuperação dos tecidos periapicais (BEASLEY et al., 2013). O material obturador pode atuar como anteparo para bactérias persistentes envolvidas no processo da doença, que se não forem atingidas, principalmente na região apical, o processo inflamatório e os sintomas irão persistir (RICUCCI et al., 2009; RICUCCI e SIQUEIRA JR, 2010). Várias técnicas para remoção desses materiais obturadores já foram propostas, e, apesar das técnicas serem eficazes, os trabalhos in vitro concluem que uma remoção completa do material obturador não é possível de ser alcançada (COPELLI et al., 2025; CROZETA et al., 2016; DA ROSA et al., 2015; ÖZYÜREK e DEMIRYÜREK, 2016; SAPANA et al., 2024; SCELZA et al., 2008). Dentre as técnicas de retratamento estão o uso de instrumentos manuais (FARINIUK et al., 2011), sistemas rotatórios e reciprocantes (COSTA et al., 2023; MARTINHO et al., 2015; ROMEIRO et al., 2020), ultrassom (LADLEY et al., 1991; PIRANI et al., 2009), laser (VIDUCIC et al., 2003), e uso de solvente endodôntico (AMINSOBHANI et al., 2022; ÇANAKCI et al., 2015; CHATCHAWANWIROTE et al., 2022; KESKIN et al., 2017).

Com os sistemas de instrumentos mecanizados atualmente disponíveis, é possível realizar uma maior ampliação segura em condições anatômicas complexas, como na dupla curvatura em raízes mesiais de molares inferiores (LEAL et al., 2025). No entanto, ainda assim há a possibilidade de insucesso do tratamento endodôntico inicial, e a necessidade de um retratamento nessa condição anatômica

seria algo muito desafiador, especialmente por não haver informações científicas acerca dessa situação clínica. Além disso, mais de 80% dos molares inferiores apresentam áreas de istmos (von ARX, 2005; FAN et al., 2010), representando uma complexidade anatômica adicional para a desinfecção nesse grupo dentário (CAMPELLO et al., 2019; VERA et al., 2012).

O sistema recíprocante Reciproc Blue (VDW, Munique, Alemanha), apesar de originalmente não ter sido projetado para o retratamento endodôntico, é amplamente utilizado para essa finalidade pela sua alta flexibilidade, com menor risco de fratura e potencial de pré-curvatura (DE-DEUS et al., 2017). Esse sistema demonstrou alta eficácia na remoção dos materiais obturadores dos canais radiculares e uma menor extrusão apical de debris (COPELLI et al., 2025; DINCER et al., 2015; ROMEIRO et al., 2020; SILVA et al., 2014).

Associado aos instrumentos endodônticos, os solventes de guta-percha podem auxiliar na remoção dos materiais obturadores, reduzindo a quantidade de detritos extruídos apicalmente, o tempo clínico do retratamento, a ocorrência de instrumentos fraturados, além da redução da carga bacteriana (AMINSOBHANI et al., 2022; CANAKCI et al., 2015; CHATCHAWANWIROTE et al., 2022; KESKIN et al., 2017). Estudos demonstraram que os óleos essenciais, como o óleo de eucaliptol, o óleo de laranja e óleo de pinho, podem ser utilizados no retratamento endodôntico por serem menos tóxicos e úteis para amolecer a guta-percha (REHMAN et al., 2013; TOPÇUOĞLU et al., 2015). O solvente endodôntico a base de óleo de laranja, é proposto como alternativa menos tóxica ao clorofórmio (HANSEN, 1998; KARATAS et al., 2016; REHMAN et al., 2013; ZACCARO SCELZA et al., 2006). Embora o uso de instrumentos mecanizados possa tornar desnecessário o uso de solventes para a remoção do material obturador, alguns autores os utilizaram em associação (KESKIN et al., 2017; ROSSI-FEDELE & AHMED, 2017).

No entanto, sua indicação ainda é controversa (DOTTO et al., 2021). Alguns estudos observaram a formação de uma película de guta-percha amolecida na superfície do canal radicular após o uso de solventes, tornando o retratamento mais difícil e mais lento (TAKAHASHI et al., 2009; BETTI et al., 2010). Porém, o seu uso poderia ser benéfico em uma condição anatômica em forma de “S”, minimizando os riscos durante o procedimento.

O retratamento endodôntico envolvendo o uso ou não de solventes na remoção do material obturador dos canais radiculares foi considerado equivalente em termos de intensidade de dor pós-operatória e ingestão de analgésicos (GENC SEN et al., 2020). Além disso, o solvente a base de óleo de laranja não interfere na resistência da ligação dos sistemas adesivos no posterior selamento coronal, etapa importante para a obtenção do sucesso do tratamento endodôntico (DEMIRBUGA et al., 2017, MORENO et al., 2013).

As etapas de tratamento e retratamento endodôntico do canal radicular podem comprometer a estrutura dentinária, podendo resultar em trincas ou fraturas radiculares verticais (FRV) (ADORNO et al., 2013), que vão influenciar diretamente na manutenção do dente. A FRV é uma fratura longitudinal envolvendo o cimento e a dentina radicular, se estendendo pelo longo eixo em direção ao ápice radicular (FREITAS et al., 2019; PATEL et al., 2022). Dentre as causas das FRV estão a remoção excessiva de dentina sadia, exposição prolongada as soluções irrigadoras e medicações intracanaís, forças excessivas durante a obturação, e ainda a inadequada restauração final (LERTCHIRAKARN et al., 2003; PATEL et al., 2022; SHEMESH et al., 2011; SILVA et al., 2020).

A fratura radicular acontece, em sua grande maioria, em dentes tratados endodonticamente (BYAKOVA et al., 2019; SUGAYA et al., 2015; YOSHINO et al., 2015), sendo relatada na literatura a presença de tratamento endodôntico em 93,6% a 97% de dentes extraídos por presença de FRV (SUGAYA et al., 2015; YOSHINO et al., 2015). Além disso, as FRV são mais relatadas em dentes molares, por estarem sujeitos a maiores forças de mastigação (PRADEEPKUMAR et al., 2016; PATEL et al., 2022).

O diagnóstico preciso da FRV pode ser desafiador, o exame radiográfico periapical sobrepõe as imagens e frequentemente impossibilita a visualização das fraturas, principalmente no estágio inicial (HASSAN et al., 2009; PRADEEPKUMAR et al., 2016). Além disso, os sinais e sintomas clínicos são inespecíficos, tornando o diagnóstico inconclusivo (GAÊTA-ARAUJO et al., 2017; PATEL et al., 2022; ZHANG et al., 2019).

Assim, a tomográfica computadorizada de feixe cônico (TCFC) é uma importante ferramenta para auxiliar no diagnóstico dessa condição, oferecendo uma visão tridimensional e sem sobreposição de estruturas anatômicas (LIAO et al., 2017; SCARFE et al., 2012). A TCFC demonstrou uma sensibilidade maior no

diagnóstico de FRV quando comparada as radiografias periapicais (SHOKRI et al., 2024) e tamanhos menores de voxel e FOV favorecem a sua detecção (de LIMA et al., 2023). No entanto, a TCFC apresenta limitações na visualização de estruturas finas, especialmente na presença de materiais metálicos, com alto número atômico e densidade física, gerando artefatos que podem mascarar linhas de fratura (ZHANG et al., 2019).

Os artefatos são caracterizados por estrias hiperdensas e bandas hipodensas, produzidas devido ao endurecimento do feixe de raios X, podendo mascarar ou simular a presença de uma FRV (CHANG et al., 2016; FONTENELE et al., 2018; QUEIROZ et al., 2018), constituindo uma limitação dessa técnica. Apesar disso, a TCFC atualmente é o exame de imagem que apresenta maior precisão diagnóstica para FRV (SALINEIRO et al., 2017), pois o padrão de perda óssea perirradicular patognomônico da FRV pode ser visualizado no exame de TCFC, sendo útil mesmo quando não é possível visualizar claramente a linha de fratura radicular (ARKHIPOVA et al., 2024; BYAKOVA et al., 2019; PATEL et al., 2022).

A tomografia computadorizada por contagem de fótons (TCCF), introduzida em 2021, possui detectores de raios X de nova geração, que convertem diretamente fótons de raios X em sinal elétrico, sem que precise primeiro transformá-los em luz visível, como acontece na TCFC (AL-HAJ et al., 2025; FONTENELE et al., 2023; TORTORA et al., 2022; WILLEMINK et al., 2018). A TCCF tem uma resolução espacial de até 200 µm, resolução de contraste aumentada e redução de ruído eletrônico. Dentre suas principais vantagens estão a possibilidade de correção de artefatos, menor tempo de varredura e reconstrução de imagens de alta resolução com maior contraste de tecidos duros e moles. (AL-HAJ et al., 2025; FONTENELE et al., 2023; TORTORA et al., 2022; WILLEMINK et al., 2018). Estudos relatam um ótimo desempenho do TCCF em tarefas de diagnóstico odontológico quando comparado a TCFC de alta resolução (RUETTERS et al., 2022; VANDEN BROEKE et al., 2021), inclusive de estruturas endodônticas finas e trincas radiculares (FONTENELE et al., 2023), além de qualidade de imagem superior e artefatos reduzidos (AL-HAJ et al., 2025).

Essas descobertas indicam o potencial da TCCF na tarefa desafiadora de diagnóstico odontológico, sugerindo que imagens obtidas da cabeça e pescoço por outros motivos clínicos, poderiam atuar como fonte de imagem confiável para tarefas

endodônticas, sem que o paciente precise passar por uma nova radiação (FONTENELE et al., 2023; RUETTERS et al., 2022).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O presente estudo teve como objetivo realizar uma avaliação da anatomia do sistema de canais radiculares de raízes mesiais de molares inferiores com dupla curvatura, bem como a qualidade do preparo endodôntico com sistemas de instrumentos mecanizados flexíveis e a eficiência do retratamento endodôntico com diferentes métodos de desobturação nesse grupo dentário. Além disso, teve como objetivo avaliar o desempenho diagnóstico da tomografia computadorizada de contagem de fótons (TCCF) na detecção de fraturas radiculares verticais (VRF), em comparação com quatro diferentes aparelhos de tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC).

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar, com o uso da microtomografia computadorizada, a anatomia do sistema de canais radiculares de raízes mesiais de molares inferiores com dupla curvatura com relação ao volume de canal e dentina, diâmetro e circularidade do canal radicular, ângulo e nível das curvaturas, além de classificar a morfologia dos canais radiculares e istmos.
- Avaliar, com o uso da microtomografia computadorizada, a qualidade do preparo endodôntico de canais radiculares de raízes mesiais de molares inferiores com dupla curvatura com os sistemas HyFlex EDM e VDW.Rotate, em dois níveis de dilatação apical, por meio da avaliação do aumento do volume do canal radicular, paredes não tocadas e acúmulo de debris.
- Determinar o transporte e centralização dos canais radiculares após os preparos com os sistemas HyFlex EDM e VDW.Rotate.
- Determinar, com o uso da microtomografia computadorizada, a eficiência na desobturação, por meio da avaliação do material obturador remanescente, transporte e centralização de canais radiculares de raízes mesiais de molares inferiores com dupla curvatura, com o sistema reciprocante Reciproc Blue com ou sem o solvente endodôntico a base de óleo de laranja.

- Avaliar o reparo endodôntico dos canais radiculares com o instrumento rotatório HyFlex EDM 50.03.
- Avaliar o desempenho diagnóstico da tomografia computadorizada de contagem de fótons (TCCF) na detecção de fraturas radiculares verticais (VRF) em dentes com canal único, na ausência e na presença de pinos metálicos com diferentes composições, em comparação com quatro diferentes aparelhos de tomografia computadorizada de feixe cônica (TCFC).

3 ARTIGO 1

*Versão em português do artigo para submissão no jornal The Saudi Dental Journal.

3.1 TÍTULO

ANÁLISE DA ANATOMIA DOS CANAIS RADICULARES MESIAIS DE MOLARES INFERIORES COM DUPLA CURVATURA

3.2 RESUMO

Objetivos: O presente estudo teve como objetivo realizar uma avaliação da anatomia do sistema de canais radiculares de raízes mesiais de molares inferiores com dupla curvatura. **Métodos:** Trinta primeiros e segundos molares inferiores com dupla curvatura na raiz mesial foram escaneados pelo microtomógrafo Skyscan 1174 (Bruker-microCT, Kontich, Bélgica). As imagens obtidas foram reconstruídas e classificadas de acordo com a morfologia dos canais radiculares (Vertucci, 1984) e dos istmos (Hsu e Kim, 1997). Os volumes de canal e dentina foram mensurados nos segmentos de 0-1 mm, 1-4 mm, 4-7 mm e 7-10 mm aquém do vértice apical, e em 10 mm a junção cimento-esmalte (JCE). Nas secções situadas a 1 mm aquém do vértice apical e na JCE, foram mensurados os diâmetros nos sentidos vestibulo-lingual e méso-distal dos canais radiculares, assim como a circularidade. Adicionalmente, foram mensurados os níveis e ângulos das curvaturas radiculares. Os dados de volume obtidos foram analisados estatisticamente com os testes de ANOVA e Tukey ($p < 0,05$). **Resultados:** Os canais do tipo I [1] e II [2-1] de Vertucci foram os mais prevalentes (25%), e o istmo do tipo V de Hsu e Kim foi o mais observado nos cinco segmentos analisados. Os volumes de canal e de dentina foram significativamente menores na região apical. As médias dos diâmetros nas secções de 1 mm e da JCE foram respectivamente de 0,41 mm e 3,42 mm no sentido vestibulo lingual e 0,26 mm e 1,71 mm no sentido méso-distal. Foram identificados 36,67% de canais ovalados à 1 mm aquém do vértice apical e 46,15% na JCE. A primeira curvatura foi observada, em média, a 7,85 mm aquém do vértice apical, com ângulo de 17,33 graus, enquanto a segunda curvatura se apresentou a

3,36 mm, com ângulo de 38,27 graus. **Conclusões:** Constatou-se a presença de canais com grande variabilidade anatômica, destacando-se o frequente achatamento no sentido méso-distal e acentuada curvatura radicular apical.

Palavras-chave: Anatomia dental; endodontia; microtomografia computadorizada; molares inferiores.

3.3 INTRODUÇÃO

O tratamento endodôntico tem como finalidade a remoção do tecido pulpar inflamado ou infectado, bem como a desinfecção do sistema de canais radiculares, por meio do preparo químico-mecânico. Durante a instrumentação, objetiva-se a criação de um formato cônico alargado, mantendo-se, contudo, a integridade da anatomia original do canal radicular e a posição do forame apical, aspectos considerados fundamentais para o sucesso do tratamento endodôntico (Burroughs et al., 2012; Ersev et al., 2010; Schilder, 1974). Após essa etapa, a obturação do sistema de canais radiculares deve ser realizada de forma tridimensional e homogênea, garantindo o selamento completo dos canais radiculares (Schilder, 2006).

Nesse contexto, a complexidade anatômica dos canais radiculares representa um dos principais desafios ao tratamento endodôntico. O domínio da anatomia, aliado a um diagnóstico clínico preciso, é essencial para a realização de um tratamento eficaz e previsível (Baruwa et al., 2020; Caputo et al., 2016). Dentre os elementos dentários, os molares se destacam pela complexa morfologia, que inclui maior número de raízes e canais radiculares, canais mais estreitos, curvaturas acentuadas e localização posterior na arcada, fatores que dificultam o acesso e aumentam a complexidade dos procedimentos (Chupani et al., 2020; Villas-Boas et al., 2011). Somam-se a essas características variações como canais radiculares em forma de C, istmos, canais laterais, ramificações apicais, fusão radicular e curvaturas duplas em forma de “S”, que tornam o tratamento endodôntico desses dentes ainda mais desafiador (Al-Rammahi et al., 2023; Chupani et al., 2020; Villas-Boas et al., 2011).

Os molares inferiores, frequentemente, apresentam duas raízes radiculares, sendo uma mesial e outra distal (Al-Habibi et al., 2024; Vertucci, 2005). A dupla

curvatura radicular pode ser mais frequentemente observada na raiz mesial dos molares inferiores, com a primeira curvatura percorrendo para mesial, observada no terço médio ou cervical da raiz, e a segunda curvatura no sentido inverso, no terço apical radicular (Schäfer et al., 2002). Schäfer et al. (2002) avaliaram 50 primeiros molares inferiores e 50 segundos molares inferiores, e relataram uma incidência de 22 a 35% e 17 a 59% de dupla curvatura nos canais radiculares mesiais desses dentes, respectivamente.

Durante a instrumentação de canais radiculares com curvaturas acentuadas, especialmente aqueles com conformação em forma de “S”, o instrumento endodôntico está sujeito a dois pontos de tensão simultâneos, o que aumenta significativamente o risco de fratura ou falhas durante o preparo mecânico (La Rosa et al., 2023; Peters, 2004). Para superar esses desafios, a utilização de instrumentos confeccionados com ligas de níquel-titânio (NiTi) tratadas termicamente tem se mostrado uma estratégia eficaz, uma vez que oferecem maior flexibilidade e adaptação às curvaturas severas (De-Deus et al., 2015; Martins et al., 2023) ou mesmo para duplas curvaturas (Leal et al., 2025).

A microtomografia computadorizada (micro-CT) é uma técnica de imagem de alta precisão que permite a visualização detalhada de estruturas anatômicas internas sem causar danos às amostras. Sua eficácia está associada à alta resolução espacial, cortes extremamente finos e rotação completa de 360°, o que possibilita a identificação precisa de detalhes anatômicos complexos (Al-Rammahi et al., 2023). Devido a essas características, seu uso tem se tornado cada vez mais comum em estudos voltados à análise da anatomia dos canais radiculares em diferentes grupos dentários (Al-Rammahi et al., 2023; Cavenago et al., 2024; Versiani et al., 2013). No entanto, ainda não há na literatura nenhum estudo demonstrando as características anatômicas dos canais mesiais de molares inferiores com dupla curvatura.

Portanto, o objetivo desse estudo foi realizar, por meio da microtomografia computadorizada, uma avaliação a respeito da anatomia interna de raízes mesiais de molares inferiores com dupla curvatura.

3.4 MATERIAIS E MÉTODOS

Esse projeto de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Paraná (01001318.6.0000.0102).

Dentes extraídos foram obtidos no Banco de Dentes Humanos da Universidade Federal do Paraná. Um estudo da anatomia dos canais radiculares foi realizado para promover a seleção e o pareamento das amostras, de modo a obter-se a condição anatômica de molares inferiores com raízes mesiais com dupla curvatura. Foram selecionados somente dentes sem tratamento endodôntico prévio e com rizogênese completa.

As amostras foram radiografadas (Sistema de placas de fósforo, Durr, Porto Alegre, Brasil) no sentido vestibulo-lingual, com o objetivo de verificar a presença de canais radiculares com dupla curvatura. A partir desta avaliação prévia, foram selecionados trinta primeiros e segundos molares inferiores. As amostras selecionadas foram escaneadas utilizando o micro-CT Skyscan 1174 (Bruker-microCT, Kontich, Bélgica) do Laboratório Endodontia da Faculdade de Odontologia de Bauru, Universidade de São Paulo. Para os escaneamentos foram utilizados os parâmetros de 50 kV, 800 μ A, filtro de 0.5mm de alumínio, tamanho de voxel de 16 μ m, ângulo de rotação de 0.5°, com rotação total de 360 graus. Cada escaneamento resultou em imagens radiográficas com extensão TIF, as quais foram reconstruídas por meio do software NRecon v.1.6.4.8 (Bruker).

A partir da reconstrução dos modelos tridimensionais referentes aos canais radiculares, utilizando os programas CTAn v.1.12 e CTVol v.2.2.1, foram realizadas avaliações da morfologia dos respectivos canais radiculares de acordo com a classificação de Vertucci (1984) e avaliações da conformação dos istmos de acordo com a classificação de Hsu e Kim (1997), nas secções axiais nos níveis da JCE, 7 mm, 5 mm, 3 mm e 1 mm aquém do vértice apical. Também foram avaliados o volume do canal radicular e da dentina expressos em mm³, obtidos nos segmentos de 0-1 mm, 1-4 mm, 4-7 mm e 7-10 mm aquém do vértice apical, bem como no segmento de 10 mm à junção cimento esmalte (JCE). Nas secções de 1 mm aquém do vértice apical e JCE foram mensurados os diâmetros do canal radicular nos sentidos vestibulo-lingual e mésio-distal e a circularidade com a relação entre o maior e menor diâmetro do canal radicular (Wu et al. 2000).

Foram mensurados os níveis e ângulos das curvaturas radiculares utilizando o software Image J. Os ângulos das curvaturas foram mensurados como descrito por Schäfer et al. (2002). Uma linha reta foi traçada paralela ao longo eixo do canal radicular, iniciando na embocadura, e do ponto onde o canal se desviou dessa linha reta para iniciar a curvatura, foi traçada uma outra linha reta, até iniciar a segunda curvatura radicular ou até o forame apical, no caso da segunda curvatura. O ângulo formado entre essas duas linhas paralelas foi considerado o ângulo da curvatura.

Os dados de volume obtidos foram analisados estatisticamente com os testes de D'Agostino e Pearson para verificação da normalidade, posteriormente aplicados os testes de ANOVA e Tukey, considerando o nível de significância de 5%. A execução da análise estatística foi realizada utilizando o programa GraphPad Prism 8 (La Jolla, CA, Estados Unidos).

3.5 RESULTADOS

A partir da avaliação morfológica dos canais radiculares, de acordo com a classificação proposta por Vertucci (1984), os tipos I [1] e 2 [2-1] foram os mais prevalentes, representando 25% da amostra cada um. A configuração anatômica do tipo III [1-2-1] foi observada em 16,67% dos espécimes (Figura 1). Dois canais independentes ao longo de toda raiz (tipo IV) foram observados em 12,50% da amostra, e, em mesma proporção o tipo VI [2-1-2]. Já os tipos V [1-2] e VIII [3] foram observados em apenas 4,17% da amostra cada.

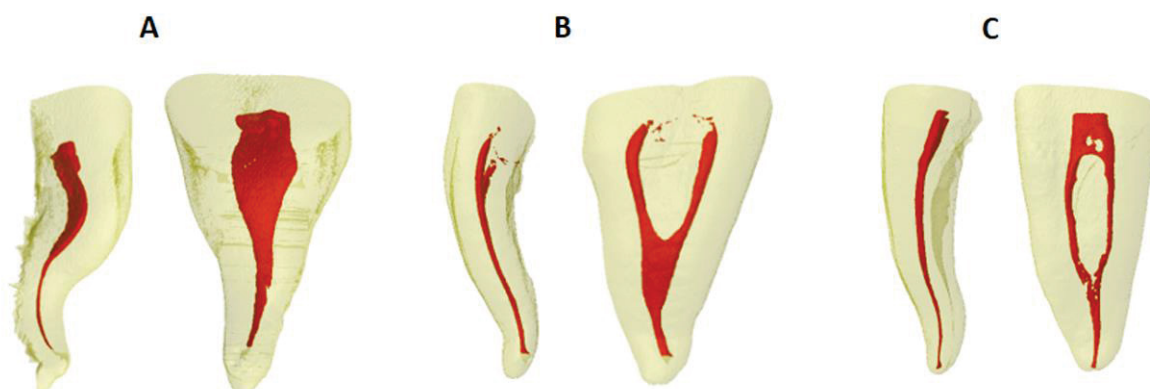


Figura 1 - Representação tridimensional dos canais radiculares com vistas nos sentidos vestibulo-lingual e méso-distal dos tipos I (A), II (B) e III (C) de Vertucci.

Ao realizar a avaliação da conformação dos istmos de acordo com a classificação proposta por Hsu e Kim (1997), observou-se que o tipo V (definido como um istmo com diâmetro similar ao dos canais radiculares, dando a impressão de um único canal achatado) foi o mais prevalente em todos os segmentos avaliados (figura 2). O istmo tipo V, nos segmentos de 1 mm, 3 mm, 5 mm, 7 mm e JCE das amostras, foi observado em, 75%, 83,33%, 62,50%, 50% e 87,50%, respectivamente. O tipo I (canais completamente separados, sem a formação de um istmo) foi o segundo mais prevalente. O istmo tipo IV (canais que se estendem na região do istmo, formando dois canais alongados que se comunicam no centro) foi observado em apenas dois segmentos dos canais radiculares, em 5 mm (8,33%) e 7 mm (20,83%). Os tipos II (istmo completo entre dois canais) e III (três canais conectados por uma conexão completa) não foram observados nos segmentos avaliados (Tabela 1).

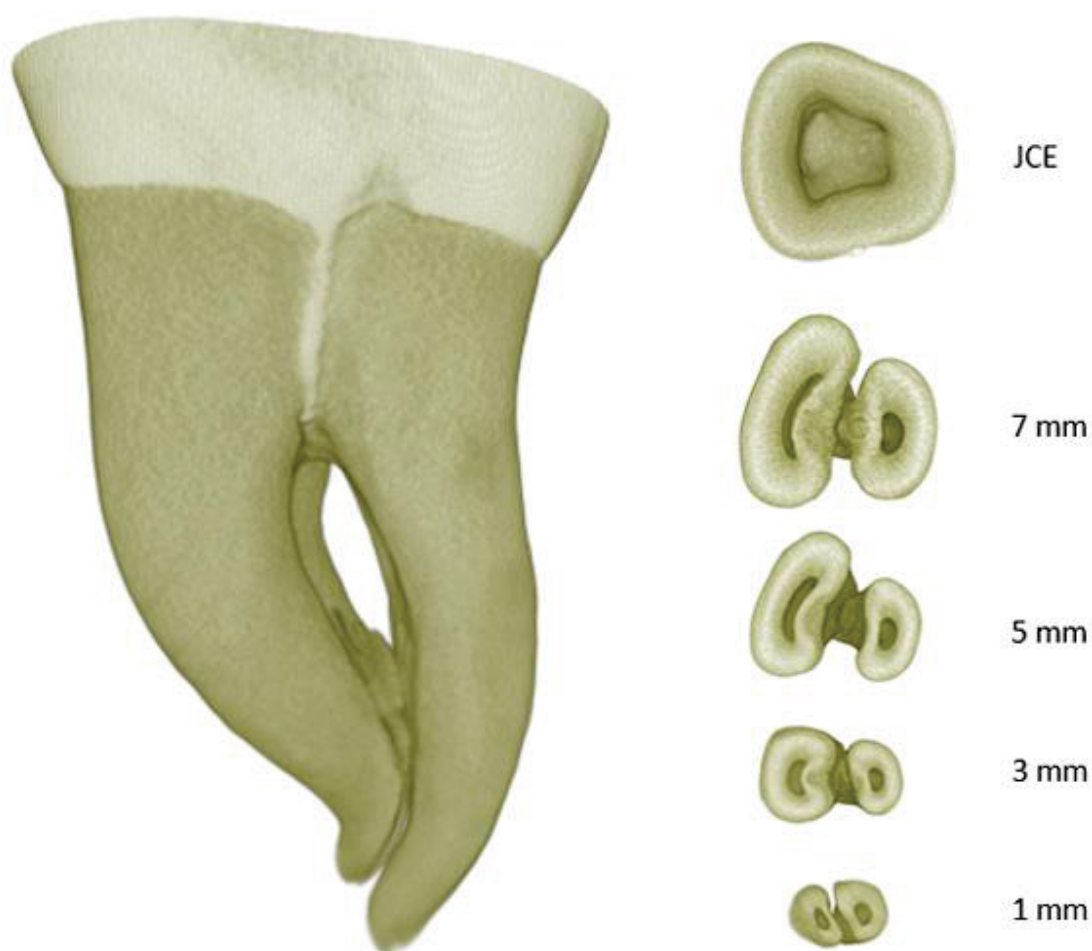


Figura 2 – Conformação dos istmos nos diferentes segmentos avaliados.

Tabela 1 – Porcentagem (%) de istmos classificados de acordo com Hsu e Kim (1997) nos diferentes níveis radiculares avaliados.

Nível radicular	Classificação dos istmos				
	Tipo I	Tipo II	Tipo III	Tipo IV	Tipo V
1 mm	25	0	0	0	75
3 mm	16,67	0	0	0	83,33
5 mm	29,17	0	0	8,33	62,50
7 mm	29,17	0	0	20,83	50
JCE	12,50	0	0	0	87,50

Na tabela 2 são apresentados os dados de volume de canal radicular e dentina. Na região apical foi observado um menor volume de canal radicular ($p < 0,05$), aumentando nos segmentos seguintes no sentido cervical. O volume de dentina também foi menor na região apical ($p < 0,05$), aumentando em direção a cervical, no entanto, não houve diferença estatisticamente significativa entre os segmentos avaliados de 4-7 mm, 7-10 mm e 10 mm-JCE.

Tabela 2 – Volume (mm^3) dos canais radiculares e dentina nos cinco segmentos avaliados.

Volume (mm^3)	0-1 mm	1-4 mm	4-7 mm	7-10 mm	10 mm-JCE
Canal	$0,08 \pm 0,08^a$	$0,56 \pm 0,41^b$	$1,32 \pm 0,93^{bc}$	$2,37 \pm 1,76^{cd}$	$6,10 \pm 4,37^d$
Dentina	$1,90 \pm 0,69^a$	$21,50 \pm 6,21^b$	$45,05 \pm 2,92^c$	$65,01 \pm 12,00^c$	$69,99 \pm 37,06^c$

*Diferentes letras sobrescritas em cada linha representam diferença estatisticamente significativa.

Na tabela 3 são apresentados os valores referentes ao maior e menor diâmetro dos canais radiculares nos dois segmentos avaliados. As médias dos diâmetros encontrados nas secções de 1 mm e JCE foram de 0,41 mm e 3,42 mm no sentido vestíbulo lingual e 0,26 mm e 1,71 mm no sentido mésio-distal, respectivamente.

Tabela 3 – Média e desvio padrão, e mínimo e máximo valores referentes ao maior e menor diâmetro (mm) ao nível de 1 mm aquém do vértice apical e na junção cimento-esmalte (JCE).

	1 mm		JCE	
	Média ± DP	Mínimo - Máximo	Média ± DP	Mínimo - Máximo
Maior diâmetro	0,41 ± 0,22	0,13 ± 0,96	3,42 ± 1,33	0,38 ± 5,14
Menor diâmetro	0,26 ± 0,19	0,07 ± 0,99	1,71 ± 0,97	0,24 ± 3,58

Ao aplicar a relação entre o maior e menor diâmetro do canal radicular proposta por Wu et al. (2000), foram observados canais radiculares ovais em 36,67% na região a 1mm aquém do vértice apical e em 46,15% no nível da JCE (Tabela 4).

Tabela 4 – Porcentagem (%) de canais radiculares ovais mensurados por meio da relação entre o maior e o menor diâmetro nos níveis de 1 mm aquém do vértice apical e na junção cimento-esmalte (JCE). Os dados contidos nos campos referentes a escala de 0-2 correspondem a canais circulares. Valores nas escalas maiores que 2 representam canais ovais, aumentando progressivamente.

Nível	0 - 2	> 2 - 4	> 4 - 6	> 6 - 8	> 8 - 10	> 10	Total de canais ovais
1mm	63,33	23,33	10	3,34	0	0	36,67
JCE	53,85	38,45	0	3,85	0	3,85	46,15

Com relação ao ângulo das curvaturas, os espécimes apresentaram uma média de 17,33 graus na primeira curvatura, com desvio padrão de 5,85 graus. Já na segunda curvatura (apical), uma média de 38,27 graus e desvio padrão de 8,37 (Gráfico 1). Quanto ao nível das curvaturas, a primeira e segunda curvaturas

apresentaram-se em média a 7,85mm e 3,36 mm aquém do vértice apical (Gráfico 2).

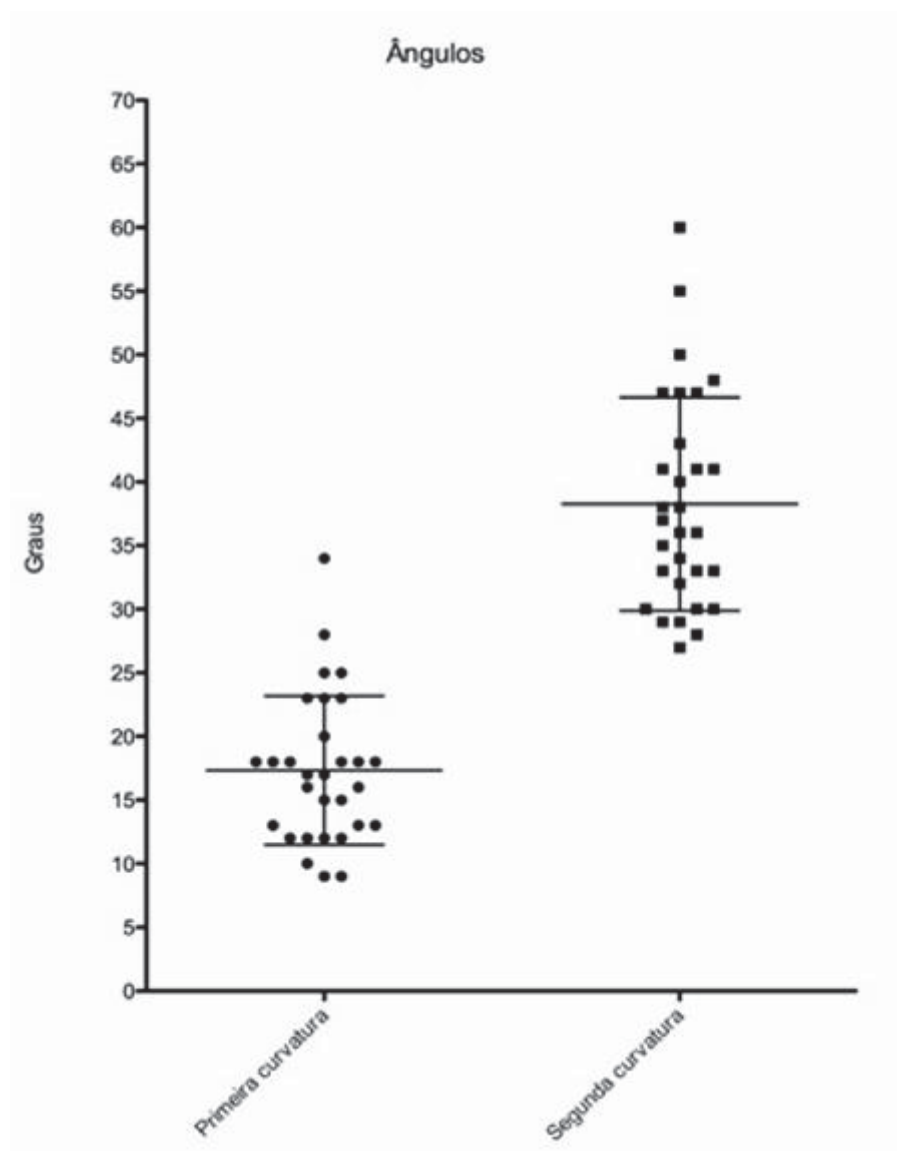


Gráfico 1 – Os pontos representam os ângulos na primeira e segunda curvaturas.

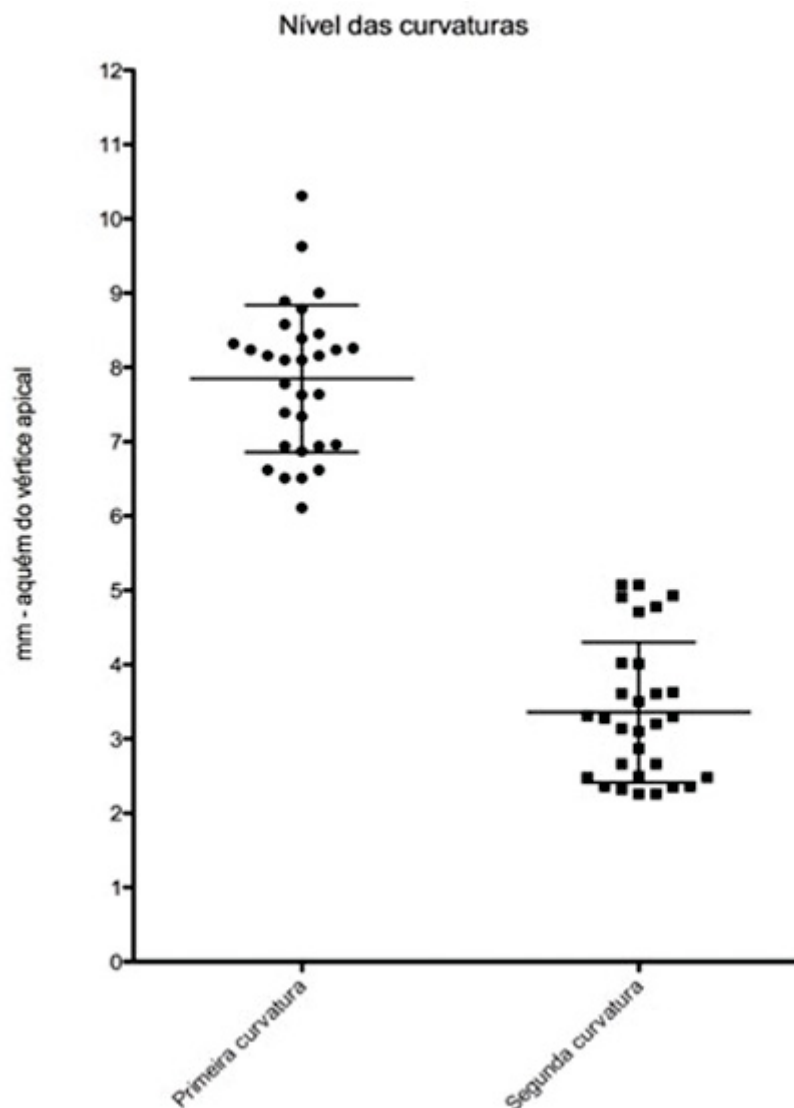


Gráfico 2 - Os pontos representam os níveis da primeira e segunda curvaturas.

3.6 DISCUSSÃO

O conhecimento aprofundado da morfologia dos canais radiculares e de suas possíveis variações anatômicas constitui um fator essencial para o êxito do tratamento endodôntico (Yang et al., 2022). Dentre os elementos dentários, o molar inferior destaca-se por apresentar maior complexidade anatômica e por ser o dente mais comumente submetido ao tratamento endodôntico (Harris et al., 2013; Kim & Yang, 2012; Lee et al., 2015; Vertucci, 1984; Wayman et al., 1994;). Sua complexidade anatômica, no entanto, nem sempre é claramente detectável em

radiografias periapicais convencionais, o que pode comprometer a precisão do diagnóstico e do planejamento do tratamento endodôntico (Al-Sudani et al., 2012; Al-Habib et al., 2024).

Em 1984, Vertucci propôs uma classificação amplamente utilizada para descrever a configuração dos canais radiculares em dentes permanentes humanos, dividindo-os em oito tipos distintos. De acordo com essa classificação, Vertucci (1984) observou que, na raiz mesial dos primeiros molares inferiores, o tipo IV foi o mais prevalente (43%), enquanto que, nos segundos molares inferiores, predominou o tipo II (38%). Marceliano-Alves et al. (2019) também observaram a maior prevalência do canal radicular tipo IV de Vertucci (46,2%) quando avaliaram a anatomia do canal radicular de 104 primeiros molares inferiores, seguido pelo tipo II (16,3%). No entanto, no presente estudo, os tipos I e II foram os mais observados, ambos com prevalência de 25%, seguidos pelo tipo III, com 16,67%. E, apesar da prevalência do canal tipo I de Vertucci (1984), classificado como um único canal em toda a extensão radicular, quando observamos o tipo de istmo presente na região apical desses canais radiculares, tem-se uma alta prevalência do istmo classificado como tipo V de Hsu e Kim (1997). Isso significa que, apesar de na teoria o canal radicular ser considerado como um único canal, o achatamento presente no sentido mésio-distal das raízes, levando a formação de um istmo com o diâmetro próximo ao do diâmetro do canal radicular, faz com que na prática clínica, esse canal radicular precise ser instrumentado como se fossem dois canais radiculares, como os canais classificados como o tipo IV de Vertucci.

Variações anatômicas, como a presença de istmos entre canais radiculares, representam um desafio significativo ao tratamento endodôntico, uma vez que não são visualizadas por meio de radiografias periapicais convencionais e podem comprometer a eficácia da limpeza e modelagem do sistema de canais radiculares, favorecendo a permanência de micro-organismos e, consequentemente, o insucesso terapêutico (Linden et al., 2020; Villas-Bôas et al., 2001).

Um estudo realizado por Guimarães et al. (2023), avaliando 600 molares inferiores, revelou a alta incidência de istmos ao longo do sistema de canais radiculares. Harris et al. (2013) observaram um istmo ao longo de todas as 22 raízes mesiais dos molares inferiores avaliadas em seu estudo, sendo a maioria deles classificados como tipo V de Hsu & Kim (1997). Esses achados corroboram com os observados nesse estudo, onde a maior prevalência também foi do istmo do tipo V,

com identificação do mesmo em 83,33% das amostras avaliadas no nível de 3 mm aquém do vértice apical e em 75% a 1 mm aquém do vértice apical. Essa foi uma característica relevante observada nesse grupo dentário, pois um canal não totalmente circular na região apical vai dificultar a limpeza e o selamento adequado durante o tratamento endodôntico desses dentes, principalmente pela dificuldade de se alcançar essas regiões por conta da dupla curvatura, dificultando também o acesso de sistemas complementares de limpeza.

Na análise morfológica, verificou-se que o menor volume do canal radicular e de dentina concentrou-se na região apical, especialmente entre 0 e 1 mm aquém vértice apical. A partir desse ponto, ambos os volumes aumentaram gradualmente em direção à região cervical, evidenciando a forma cônica continua característica das raízes e canais radiculares.

No presente estudo, o segmento de 1 mm aquém do vértice apical apresentou um maior diâmetro médio de 0,41 mm e o menor diâmetro médio de 0,26 mm. Clinicamente, isso significa que durante o preparo químico-mecânico, provavelmente, o instrumento selecionado como compatível com diâmetro anatômico do canal radicular, poderá travar no menor diâmetro desse canal radicular, que equivaleria aproximadamente a um instrumento com diâmetro apical 0.25. Porém, se o preparo apical for menor que um diâmetro 0.40, áreas do canal radicular não serão instrumentadas devido ao maior diâmetro (0,41mm). Deve-se levar em consideração que ao selecionar um instrumento compatível com o maior diâmetro médio apical desses canais radiculares, também deve-se considerar a conicidade dele, pois se for selecionado um instrumento mais calibroso, corre-se o risco de promover um acidente nas regiões com superfícies côncavas dessas raízes, a “zona de perigo” (Lee et al., 2015).

Segundo Wu et al. (2000), um canal é identificado como oval alongado quando o maior diâmetro é pelo menos 2 vezes maior que o menor diâmetro. Em seu estudo, os autores avaliaram 180 dentes, 20 de cada grupo dentário, e relataram a presença de um longo canal ovalado em 25% dos casos, sendo que em alguns grupos dentários a porcentagem excedeu 50%. Foi observado que o maior diâmetro diminuía em direção apical, tendendo para uma forma mais arredondada. Uma revisão sistemática baseada em 30 estudos com micro-CT, evidenciou variações significativas na forma dos canais radiculares dos molares inferiores ao longo do eixo. O estudo identificou diferenças marcantes entre os diâmetros vestibulo-lingual

e méso-distal, demonstrando que os canais radiculares raramente apresentam forma circular. Na região mais apical (1 mm do ápice), predominam canais ovais, enquanto nos níveis mais cervicais, especialmente a 5 mm do ápice, são mais comuns canais longos ovais e achatados, indicando uma transição morfológica progressiva em direção à coroa (Al-Rammahi et al., 2023). Os dados relatados por Al-Rammahi et al. (2023) contrariam os observados no presente estudo, pois a região apical apresentou uma maior porcentagem de canais não ovais (63,33%), como a tendência relatada por Wu et al (2000). Deve-se ressaltar que a revisão sistemática de Al-Rammahi et al. (2023) não levou em consideração as curvaturas radiculares, sendo a presença da dupla curvatura radicular um fator importante para se observar os resultados aqui relatados. Dessa forma, se reforça a importância dos achados deste estudo, pois as características gerais observadas em molares inferiores não podem ser aplicadas quando há a presença da dupla curvatura, e as estratégias de tratamento endodôntico devem considerar essas particularidades anatômicas.

A posição da curvatura no canal radicular, especialmente os pontos de início e término em relação ao ápice, exerce influência direta sobre os níveis de estresse mecânico aplicados aos instrumentos endodônticos durante a instrumentação (Alghamdi et al., 2020). A resistência à fadiga desses instrumentos depende diretamente do diâmetro da região onde ocorre a curvatura. Quando essa curvatura está localizada em níveis mais cervicais, a flexão do instrumento ocorre em um segmento com maior área seccional. Por ser mais calibrosa, essa região do instrumento apresenta menor flexibilidade, o que reduz a resistência à fadiga cíclica e aumenta o risco de fratura (Schäfer et al., 2022). Al-Sudani et al. (2012) relataram que a fadiga de instrumentos rotatórios de NiTi é extremamente influenciada pelo ângulo e/ou raio da curvatura, pois a fratura dos instrumentos avaliados ocorreu primeiramente na curvatura apical, que era mais abrupta e com um raio menor. No presente estudo, as amostras analisadas apresentaram, em média, 17,83 graus na primeira curvatura (cervical) e 37,67 graus na segunda curvatura (apical), evidenciando a complexidade anatômica dessa região.

Esse padrão de curvaturas acentuadas também interfere no transporte do canal radicular durante o preparo mecânico, uma vez que instrumentos mais rígidos tendem a retificar trajetos curvos, ocasionando desgaste na parede interna da curvatura cervical e na parede externa da curvatura apical. Esse desgaste pode

comprometer a centralização e a preservação da anatomia original do canal radicular (La Rosa et al., 2023). Madureira et al. (2010) avaliaram diferentes instrumentos quanto ao preparo de canais simulados com dupla curvatura, e verificaram que todos causaram transporte no canal, retificando a curvatura apical. No entanto, deve-se considerar que no referido estudo, foram utilizados blocos de resina, que apresentam dureza e resistência inferior à dentina (Pérez Molaes et al., 2021), além de instrumentos de NiTi sem tratamento térmico. Instrumentos mecanizados de níquel-titânio (NiTi), especialmente aqueles fabricados com ligas tratadas termicamente, apresentam maior flexibilidade e resistência à fadiga cíclica, o que favorece a manutenção da curvatura original dos canais radiculares durante o preparo endodôntico (Zupanc et al., 2018). Essas propriedades tornam-nos particularmente mais indicados para a instrumentação de canais radiculares com geometria complexa, como aqueles que apresentam dupla curvatura (Silva et al., 2019). O preparo nessa condição desafiadora se mostrou efetivo, mesmo com maiores dilatações (Leal et al., 2025). No entanto, estudos futuros são necessários para avaliar diferentes sistemas e protocolos de desinfecção complementares nessa condição anatômica específica.

3.7 CONCLUSÕES

A análise morfológica dos canais radiculares mesiais com dupla curvatura dos molares inferiores evidenciou grande variabilidade anatômica. Ainda assim, as configurações anatômicas dos canais radiculares mais prevalentes foram os tipos I e II de Vertucci, frequentemente associadas à presença de istmos do tipo V de Hsu e Kim. Observou-se que a curvatura apical apresentou maior angulação em comparação à curvatura cervical, indicando um aumento da complexidade anatômica na porção apical. Além disso, foi observada alta prevalência de canais radiculares com secção transversal ovalada.

3.8 REFERÊNCIAS

1. Alghamdi S., Huang X., Haapasalo M., Mobuchon C., Hieawy A., Hu J., et al. Effect of curvature location on fatigue resistance of five nickel-titanium files

determined at body temperature. *J Endod.* 2020;46:1682–8. doi: 10.1016/j.joen.2020.06.041.

2. Al-Habib M.A., Almarzouki S., Alsulaiman M., Alsofi L. Comprehensive Analysis of Mandibular First Molar Root and Canal Morphology in Saudi Patients Using Cone Beam Computed Tomography (CBCT). *Med Sci Monit.* 2024 Aug 8;30:e945364. doi: 10.12659/MSM.945364.

3. Al-Rammahi H.M., Chai W.L., Nabhan M.S., Ahmed H.M.A. Root and canal anatomy of mandibular first molars using micro-computed tomography: a systematic review. *BMC Oral Health.* 2023;23(1):339. doi:10.1186/s12903-023-03036-5.

4. Al-Sudani D., Grande N.M., Plotino G., Pompa G., Di Carlo S., Testarelli L., Gambarini G. Cyclic fatigue of nickel-titanium rotary instruments in a double (S-shaped) simulated curvature. *J Endod.* 2012 Jul;38(7):987-9. doi: 10.1016/j.joen.2012.03.025.

5. Baruwa A.O., Martins J.N.R., Meirinhos J., Pereira B., Gouveia J., Quaresma S.A., et al. The influence of missed canals on the prevalence of periapical lesions in endodontically treated teeth: A cross-sectional study. *J Endod.* 2020;46(1):34-39.e1. doi:10.1016/j.joen.2019.09.010

6. Burroughs J.R., Bergeron B.E., Roberts M.D., Hagan J.L., Himel V.T. Shaping ability of three nickel-titanium endodontic file systems in simulated S-shaped root canals. *J Endod.* 2012 Dec;38(12):1618-21. doi: 10.1016/j.joen.2012.09.011.

7. Caputo B.V., Noro Filho G.A., de Andrade Salgado D.M., Moura-Netto C., Giovani E.M., Costa C. Evaluation of the Root Canal Morphology of Molars by Using Cone-beam Computed Tomography in a Brazilian Population: Part I. *J Endod.* 2016 Nov;42(11):1604-1607. doi: 10.1016/j.joen.2016.07.026.

8. Cavenago C.B., Leal R.M.S., Copelli F.A., Batista A., Michelotto A.L.C., Ordinola-Zapata R., Duarte M.A.H. Root canal anatomy of mandibular incisors with Vertucci's type III configuration: a micro-CT study. *Giornale Italiano Di Endodonzia*, 2024;38(1). doi: 10.32067/GIE.2024.38.01.03.

9. Chuppani Dastgerdi A., Navabi M., Rakhshan V. Isthmuses, accessory canals, and the direction of root curvature in permanent mandibular first molars: an in vivo computed tomography study. *Restor Dent Endod.* 2019 Dec 12;45(1):e7. doi: 10.5395/rde.2020.45.e7.
10. De-Deus G., Marins J., Silva E.J., Souza E., Belladonna F.G., Reis C., Machado A.S., Lopes R.T., Versiani M.A., Paciornik S., Neves A.A. Accumulated hard tissue debris produced during reciprocating and rotary nickel-titanium canal preparation. *J Endod.* 2015 May;41(5):676-81. doi: 10.1016/j.joen.2014.11.028.
11. Ersev H., Yilmaz B., Ciftçioğlu E., Ozkarsli S.F. A comparison of the shaping effects of 5 nickel-titanium rotary instruments in simulated S-shaped canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2010 May;109(5):e86-93. doi: 10.1016/j.tripleo.2009.12.033.
12. Guimarães T.S., Marceliano-Alves M.F.V., Provenzano J.C., Olivares P.P., Limoeiro A.G.S., Alves F.R.F., Dias LA. Morphological assessment of the isthmus in mesial root canals of first mandibular molars. *Acta Odontol Latinoam.* 2023;36(3):163–8. doi:10.54589/aol.36/3/163.
13. Harris S.P., Bowles W.R., Fok A., McClanahan S.B. An anatomic investigation of the mandibular first molar using micro-computed tomography. *J Endod.* 2013 Nov;39(11):1374-8. doi: 10.1016/j.joen.2013.06.034.
14. Hsu Y.Y., Kim S. The resected root surface. The issue of canal isthmuses. *Dent Clin North Am.* 1997 Jul;41(3):529-40.
15. Kim S., Yang S. Cone-beam computed tomography study of incidence of distolingual root and distance from distolingual canal to buccal cortical bone of mandibular first molars in a Korean population. *J Endod.* 2012;38:301–4. doi: 10.1016/j.joen.2011.10.023.
16. La Rosa G.R.M., Leotta M.L., Canova F.S., Romeo V.R., Cervino G., Generali L., Pedullà E. Cyclic fatigue resistance of different nickel-titanium instruments in single and double curvature at room and body temperatures: A laboratory study. *Aust Endod J.* 2023 Dec;49(3):592-598. doi: 10.1111/aej.12789.

17. Leal R.M.S., Silva E.J.N.L., Campos M.C.B.P., Rodrigues C.T., Duarte M.A.H., Cavenago B.C. Shaping ability of rotary NiTi systems in S-shaped root canals of mandibular molars. *Aust Endod J.* 2025 Apr;51(1):133-141. doi: 10.1111/aej.12920.
18. Lee J.K., Yoo Y.J., Perinpanayagam H., Ha B.H., Lim S.M., Oh S.R., Gu Y., Chang S.W., Zhu Q., Kum K.Y. Three-dimensional modelling and concurrent measurements of root anatomy in mandibular first molar mesial roots using micro-computed tomography. *Int Endod J.* 2015 Apr;48(4):380-9. doi: 10.1111/iej.12326.
19. Linden D., Boone M., De Bruyne M., De Moor R., Versiani M.A., Meire M. Adjunctive steps for the removal of hard tissue debris from the anatomic complexities of the mesial root canal system of mandibular molars: a micro-computed tomographic study. *J Endod.* 2020;46(10):1508–14.
20. Madureira R.G., Forner Navarro L., Llena M.C., Costa M. Shaping ability of nickel-titanium rotary instruments in simulated S-shaped root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2010 Feb;109(2):e136-44. doi: 10.1016/j.tripleo.2009.09.020.
21. Marceliano-Alves M.F., Lima C.O., Bastos L.G.D.P.M.N., Bruno A.M.V., Vidaurre F., Coutinho T.M., Fidel S.R., Lopes R.T. Mandibular mesial root canal morphology using micro-computed tomography in a Brazilian population. *Aust Endod J.* 2019 Apr;45(1):51-56. doi: 10.1111/aej.12265.
22. Martins J.N.R., Silva E.J.N.L., Belladonna F.G., et al. Characterization of the file-specific heat-treated ProTaper Ultimate rotary system. *Int Endod J.* 2023;56(4):530–42. doi:10.1111/iej.13880.
23. Pérez Morales M.L.N., González Sánchez J.A., Olivieri J.G., Elmsmari F., Salmon P., Jaramillo D.E., Terol F.D. Micro-computed Tomographic Assessment and Comparative Study of the Shaping Ability of 6 Nickel-Titanium Files: An In Vitro Study. *J Endod.* 2021 May;47(5):812-819. doi: 10.1016/j.joen.2020.12.021.
24. Peters O.A. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *J Endod.* 2004 Aug;30(8):559-67. doi: 10.1097/01.don.0000129039.59003.9d.

25. Schäfer E., Diez C., Hoppe W., Tepel J. Roentgenographic investigation of frequency and degree of canal curvatures in human permanent teeth. *J Endod.* 2002 Mar;28(3):211-6. doi: 10.1097/00004770-200203000-00017.
26. Schäfer E., Bürklein S., Donnermeyer D. A critical analysis of research methods and experimental models to study the physical properties of NiTi instruments and their fracture characteristics. *Int Endod J.* 2022; 55:72–94. doi: 10.1111/iej.13673.
27. Schilder H. Cleaning and shaping the root canal. *Dent Clin North Am.* 1974;18(2):269–96. doi: 10.1016/S0011-8532(22)00677-2
28. Schilder H. Filling root canals in three dimensions. *J Endod.* 2006;32(4):281–90. doi: 10.1016/j.joen.2006.02.007.
29. Silva E.J.N.L., Prado M.C., Lopes R.M., Elias C.N., Lopes H.P. Influence of heat treatment on torsional resistance and surface roughness of nickel-titanium instruments. *Int Endod J.* 2019. doi:10.1111/iej.13164.
30. Versiani M.A., Pécora J.D., Sousa-Neto M.D. Microcomputed tomography analysis of the root canal morphology of single-rooted mandibular canines. *Int Endod J.* 2013 Sep;46(9):800-7. doi: 10.1111/iej.12061.
31. Vertucci F.J., Williams R.G. Furcation canals in the human mandibular first molar. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1974 Aug;38(2):308-14. doi: 10.1016/0030-4220(74)90073-5.
32. Vertucci F.J. Root canal anatomy of the human permanent teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1984 Nov;58(5):589-99. doi: 10.1016/0030-4220(84)90085-9.
33. Vertucci F.J. Root canal morphology and its relationship to endodontic procedures. *Endodontic Topics*, p.3-29, 2005. doi: 10.1111/j.1601-1546.2005.00129.x
34. Villas-Bôas M.H., Bernardineli N., Cavenago B.C., Marciano M., Del Carpio-Perochena A., de Moraes I.G., Duarte M.H., Bramante C.M., Ordinola-Zapata R. Micro-computed tomography study of the internal anatomy of mesial root canals of

mandibular molars. J Endod. 2011 Dec;37(12):1682-6. doi: 10.1016/j.joen.2011.08.001.

35. Wayman B.E., Patten J.A., Dazey S.E. Relative frequency of teeth needing endodontic treatment in 3350 consecutive endodontic patients. J Endod. 1994;20(8):399–401. doi:10.1016/S0099-2399(06)80299-2.

36. Wu M.K., R'oris A., Barkis D., Wesselink P.R. Prevalence and extent of long oval canals in the apical third. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2000 Jun;89(6):739-43. doi: 10.1067/moe.2000.106344.

37. Yang Y., Jiang C., Chen M., Zeng J., Wu B. Vertucci's root canal configuration of 11,376 mandibular anteriors and its relationship with distolingual roots in mandibular first molars in a Cantonese population: a cone-beam computed tomography study. BMC Oral Health. 2022;22(1):130. doi:10.1186/s12903-022-02078-5.

38. Zupanc J., Vahdat-Pajouh N., Schäfer E. New thermomechanically treated NiTi alloys - a review. Int Endod J. 2018 Oct;51(10):1088-1103. doi: 10.1111/iej.12924.

4 ARTIGO 2

*Versão em português do artigo publicado no jornal Australian Endodontic Journal

4.1 TÍTULO

CAPACIDADE DE MODELAGEM DOS SISTEMAS ROTATÓRIOS DE NITI EM CANAIS RADICULARES DE MOLARES INFERIORES EM FORMA DE “S”

4.2 RESUMO

Este estudo avaliou a capacidade de modelagem dos sistemas rotatórios HyFlex EDM e Rotate no preparo de 26 canais radiculares mesiais em forma de S de molares inferiores (n=13). Após o preparo dos canais radiculares com os instrumentos HyFlex EDM e VDW.Rotate 0.25 e 0.40, os espécimes foram avaliados quanto ao volume do canal radicular, aumento de volume, paredes não tocadas, acúmulo de debris, centralização e transporte do canal radicular. Após o preparo 0.40, o grupo Rotate apresentou um maior aumento no volume do canal radicular e menor acúmulo de debris em comparação com o grupo HyFlex ($p > 0,05$). O preparo 0.40 com instrumentos Rotate resultou em um maior aumento de volume do canal radicular em todos os terços e menor acúmulo de debris no terço apical ($p < 0,05$). O grupo Rotate apresentou maior transporte e menor capacidade de centralização no terço apical após o preparo 0.40 ($p < 0,05$). Os sistemas HyFlex e Rotate demonstraram desempenho semelhante até o preparo de 0.25 e, embora tenham surgido diferenças após o preparo de 0.40, ambos os sistemas proporcionaram um preparo seguro e sem acidentes.

Palavras-chave: Endodontia; micro-CT; preparo do canal radicular; capacidade de modelagem

4.3 INTRODUÇÃO

A terapia endodôntica bem-sucedida depende da eficaz desinfecção do sistema de canais radiculares, preservando sua estrutura anatômica original [1].

Entretanto, conseguir isso pode ser particularmente desafiador em canais radiculares curvos [2, 3]. Durante o processo de modelagem, podem ocorrer contratempos como transporte apical, zipping, perfurações radiculares e desvios da trajetória original do canal. Essas complicações aumentam a probabilidade de persistência microbiana [4] e impedem a obturação completa do sistema de canais radiculares [5], comprometendo potencialmente o tratamento endodôntico [2].

Os canais radiculares com curvaturas duplas, também conhecidos como canais radiculares em forma de “S”, representam uma das configurações mais desafiadoras na endodontia devido às altas demandas mecânicas que impõem aos instrumentos durante o preparo, além de dificultarem a preservação da integridade da anatomia do canal radicular e a manutenção da localização do forame apical. Essa complexidade anatômica reduz a resistência dos instrumentos à fadiga cíclica, diminuindo significativamente o número de ciclos até a fratura em comparação com canais retos ou de curvatura única [6]. Além disso, a dupla curvatura limita a penetração das cânulas de irrigação no terço apical, impedindo a aplicação de soluções irrigadoras além da segunda curvatura [7], comprometendo o processo de desinfecção. A morfologia irregular do canal radicular também dificulta a remoção de detritos intracanaís e limita a modelagem eficaz, aumentando o risco de erros de procedimento, como a formação de saliências, transporte ou perfuração [3].

Nos últimos anos, os pesquisadores desenvolveram novas composições de ligas e tratamentos térmicos para aumentar a flexibilidade e a resistência à fadiga cíclica dos instrumentos de Níquel-Titânio (NiTi), permitindo um preparo mais centralizado de canais radiculares curvos, sem remoção excessiva de dentina [8]. Uma dessas inovações são as limas HyFlex EDM (HFEDM; HyFlex EDM NiTi da Coltene Coltene Whaledent, Altstätten, Suíça), que são fabricadas utilizando o tratamento térmico de memória controlada (CM) e usinagem por descarga elétrica (EDM). Esses processos melhoram significativamente a flexibilidade e a resistência à fadiga cíclica das limas [9]. As secções transversais da lima são triangulares no terço cervical, trapezoidais no intermédio e quadráticas na região apical [10]. As limas VDW.Rotate (VDW GmbH, Munique, Alemanha) apresentam uma secção transversal em forma de “S”, projetada para aumentar a eficiência do corte [11] e está disponível em diferentes diâmetros de pontas e conicidades. Um estudo recente mostrou que as limas VDW.Rotate demonstraram uma resistência superior à fadiga cíclica em comparação com outros instrumentos flexíveis, como as limas HyFlex CM

[12], e um estudo multimétodo destacou que esse sistema oferece uma combinação completa de propriedades mecânicas e design [13], o que o torna uma opção promissora para o manuseio de anatomias complexas do canal radicular.

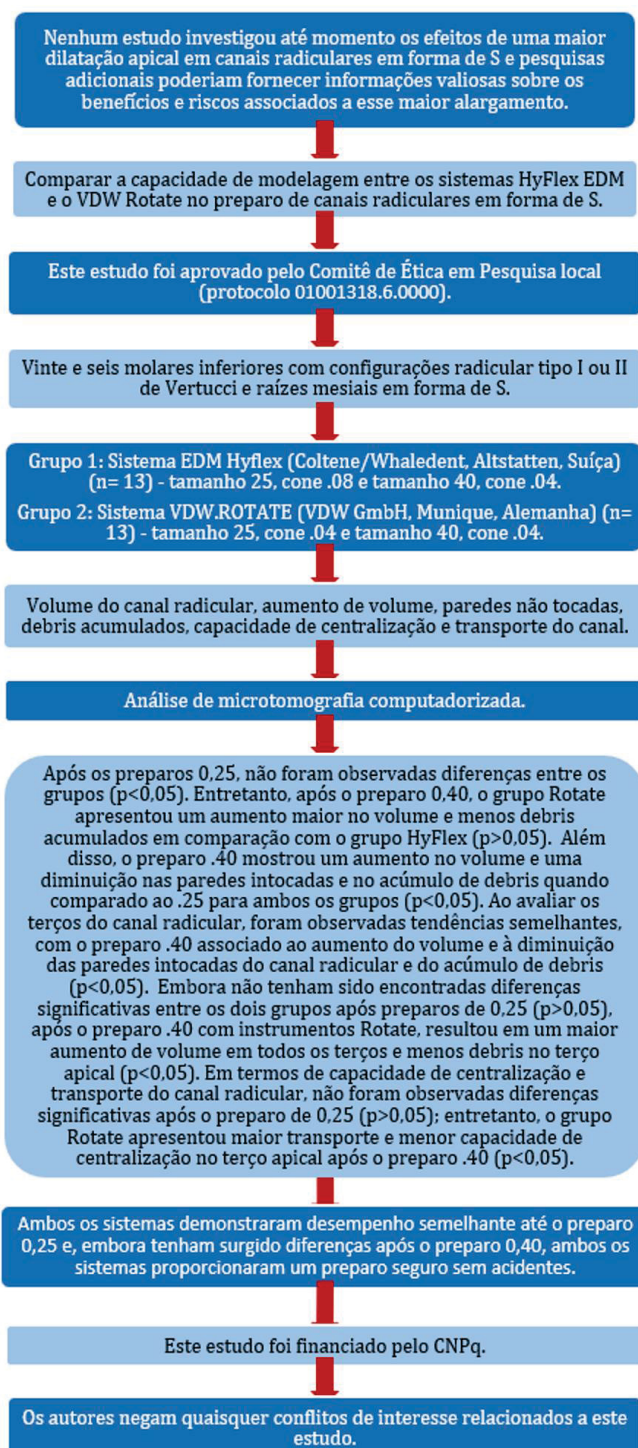
Está bem estabelecido na literatura que um aumento da ampliação apical melhora a limpeza e a descontaminação dos canais radiculares [14], melhorando a remoção de debris [8]. Entretanto, poucos estudos investigaram os efeitos do alargamento apical em canais com dupla curvatura [15, 16]. Além disso, a maioria dos estudos que avaliaram a modelagem em canais em forma de “S” utilizou canais simulados em blocos de resina [12, 17]. Os resultados dessas simulações devem ser interpretados com cautela quando aplicados a condições clínicas, pois há diferenças estruturais significativas entre a resina e a dentina [18].

Considerando as lacunas existentes no conhecimento e as limitadas pesquisas realizadas até o momento, fica claro que maiores evidências científicas são essenciais para avaliar a segurança da ampliação apical no preparo de canais radiculares com dupla curvatura. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar o preparo progressivo do canal radicular, com instrumentos 0.25 e 0.40, em canais em forma de “S” de molares inferiores humanos extraídos, utilizando os sistemas rotatórios HyFlex EDM e VDW.Rotate de NiTi. A hipótese nula testada foi de que não haveria diferença significativa nesses resultados entre as duas abordagens.

4.4 MATERIAIS E MÉTODOS

Esse projeto de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Paraná (01001318.6.0000.0102) e segue as diretrizes do Preferred Reporting Items for Laboratory studies in Endodontology (PRILE) (Figura 1) 2021.

PRILE 2021 Flowchart



*From: Nagendrababu V, Murray PE, Ordinola-Zapata R, Peters OA, Rôças IN, Siqueira JF Jr, Priya E, Jayaraman J, Pulikkotil SJ, Camilleri J, Boutsoukis C, Rossi-Fedele G, Dummer PMH (2021) PRILE 2021 guidelines for reporting laboratory studies in Endodontology: a consensus-based development. *International Endodontic Journal* May 3. doi: 10.1111/iej.13542. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/iej.13542>.

Para obter mais detalhes, acesse: <http://pride-endodonticguidelines.org/prile>

FIGURA 1| PRILE fluxograma [19]

Cálculo amostral

O cálculo amostral foi realizado com base nos dados de um estudo anterior [20]. O cálculo do poder foi realizado com o software G*Power 3.1 para Windows (Heinrich Heine, Universidade de Düsseldorf, Düsseldorf, Alemanha) com um erro alfa de 0,05, um poder beta de 95% e um tamanho de efeito de 1,64. Um total de 18 amostras (9 por grupo) foi indicado como o número ideal de espécimes necessários para observar significativas diferenças entre os grupos. Entretanto, considerando a possível perda de amostras durante o experimento, o estudo adotou um tamanho de amostra de 13 dentes por grupo ($n=13$).

Seleção de amostras e geração de imagens

Os molares inferiores recém-extraídos, devido à doença periodontal, foram coletados, limpos, lavados com solução salina, radiografados e armazenados em uma solução de timol a 0,1% por até 30 dias antes dos procedimentos experimentais. Somente dentes com configurações anatômicas de canal radicular tipo I ou II de Vertucci, formação radicular completa, raízes mesiais em forma de “S” e sem sinais de reabsorção ou calcificação intracanal foram incluídos. Os graus de curvatura foram determinados de acordo com Schäfer et al. [21], e somente os dentes com a primeira curvatura entre 30° e 50° e a segunda curvatura entre 15° e 50° foram selecionados.

Os dentes foram escaneados através de um aparelho de micro-CT (SkyScan 1174v.2Bruker-microCT, Kontich, Bélgica) operado a 50 kV e 800 μ A, com um tamanho de pixel isotrópico de 16,8 μ m, rotação de 180° em torno do eixo vertical, passo de rotação de 0,7° e média de quadro de 1. A reconstrução das imagens foi realizada através do software NRecon v.1.6.4.8 (Bruker), e as análises foram realizadas utilizando o software CTan (Bruker) para confirmar os critérios de inclusão e garantir a distribuição uniforme da amostra. Um total de 26 primeiros e segundos molares inferiores humanos com raízes mesiais em forma de “S” foram selecionados para o estudo. Para criar homogeneidade entre os grupos, 13 dentes anatomicamente pareados foram selecionados com base em características morfológicas semelhantes dos canais radiculares, como comprimento, volume, área de superfície, configuração e ângulo de curvaturas, para compor os grupos experimentais.

Preparação da amostra

Depois de preparar as cavidades de acesso, uma lima K tamanho #10 (Dentsply Sirona Endodontics, Ballaigues, Suíça) foi utilizada para confirmar a patência, e o comprimento de trabalho (CT) foi estabelecido a 1,0 mm aquém do forame apical. Uma lima K tamanho #15 (Dentsply Sirona Endodontics) foi então utilizada para criar um caminho até o ápice, e o ápice foi selado com resina epóxi de secagem rápida para criar um sistema fechado [22].

No grupo HyFlex EDM, o alargamento dos canais radiculares foi realizado sequencialmente com as limas HyFlex CM tamanho 20/0.04 (400 rpm, 2,5 N.cm), HyFlex EDM tamanho 25/conicidade variável (400 rpm, 3,0 N.cm) e HyFlex EDM tamanho 40/0.04 (400 rpm, 3,0 N.cm) adaptados ao motor X-Smart Plus (Dentsply-Sirona, Ballaigues, Suíça), operando em movimento rotatório contínuo até o CT, enquanto empregava um movimento suave de avanço e recuo de aproximadamente 3 mm de amplitude com leve pressão direcionada apicalmente.

No grupo Rotate, o alargamento dos canais radiculares foi realizado sequencialmente com os instrumentos Rotate (VDW, Munique, Alemanha) tamanhos 15/0.04 (350 rpm, 2,0 N.cm), 20/0.05 (350 rpm, 2,0 N.cm), 25/0.06 (350 rpm, 2,0 N.cm), 35/0.04 (350 rpm, 2,0 N.cm) e 40/0.04 (350 rpm, 2,0 N.cm) adaptados ao motor X-Smart Plus (Dentsply-Sirona, Ballaigues, Suíça) operando em movimento rotatório contínuo até o CT, enquanto empregava um movimento suave de avanço e recuo de aproximadamente 3 mm de amplitude com leve pressão direcionada apicalmente.

Depois de cada etapa do preparo, os canais radiculares foram irrigados com hipoclorito de sódio (NaOCl) à 2,5%, utilizando uma cânula com saída lateral dupla (NaviTip 29G Ultradent Inc.; South Jordan, UT, EUA), posicionada 2 mm aquém do CT. A irrigação final foi realizada com 3 ml de EDTA a 17% (1 min), seguida de uma lavagem final com 3 ml de NaOCl a 2,5% e 3 ml de água destilada. O volume total de irrigantes foi semelhante entre os grupos. Todos os procedimentos de preparo foram realizados por um endodontista (M.C.B.P.C.) com mais de 10 anos de experiência clínica.

Análise de microtomografia computadorizada

Após os procedimentos de modelagem com os instrumentos de tamanhos 0.25 e 0.40, os espécimes foram submetidos a uma segunda e terceira rodada de

escaneamento e reconstrução, utilizando os mesmos parâmetros iniciais. Os conjuntos de dados obtidos antes e depois de cada etapa do preparo do canal radicular com instrumentos de tamanhos 0.25 e 0.40 foram registrados utilizando o software DataViewer v.1.5.1.2 (Bruker-microCT) e, em seguida, analisados quantitativamente utilizando o software CTAn v.1.14.4 (Bruker-microCT). A análise quantitativa foi também avaliada em cada terço do canal radicular, que correspondia a 1-3, 3-6 e 6-9 mm aquém do forame apical. A análise incluiu medições do volume do canal radicular (mm^3), aumento do volume (%), porcentagem de paredes não tocadas, e debris acumulados [8]. A análise da capacidade de centralização do preparo e transporte foi feita a partir da sobreposição das imagens pré e pós-operatórias no software CTAn, conforme descrito anteriormente por Pivoto-João et al. [22].

Análise estatística

Os dados foram testados quanto à normalidade (teste de Shapiro-Wilk) e, dependendo da distribuição, as comparações estatísticas entre os grupos foram realizadas com o teste de Mann-Whitney, Wilcoxon, dependente ou independente teste t de Student, com a significância estatística definida em 5% (BioStat v.5.0.1; AnalystSoft, Walnut, CA).

4.5 RESULTADOS

O equilíbrio anatômico da distribuição dos dentes entre os grupos (linha de base) foi validado principalmente pela comparação de dados sobre o comprimento, o ângulo da primeira e segunda curvaturas e os volumes iniciais do canal radicular ($p > 0,05$) (Tabela 1, Figura 2). Ao avaliar todo o comprimento do canal radicular, não foram observadas diferenças significativas em termos de aumento de volume, paredes do canal radicular não tocadas e debris acumulados, após o preparo 0.25 nos grupos HyFlex e Rotate ($p > 0,05$) (Tabela 1, Figura 2 e 3). Entretanto, após o preparo 0.40 do canal radicular, o grupo Rotate demonstrou um maior aumento no volume e menor acúmulo de debris quando comparado ao grupo HyFlex ($p < 0,05$) (Tabela 1, Figura 2 e 3). Em ambos os grupos, o preparo com tamanho de ponta 0.40 foi associado a um aumento no volume, bem como a uma redução das paredes

não tocadas dos canais radiculares e de debris acumulados ($p < 0,05$) (Tabela 1, Figura 2 e 3).

Quando os terços dos canais radiculares foram avaliados separadamente, surgiu uma tendência semelhante ao comparar o preparo 0.25 com o preparo 0.40. Este último foi associado a um aumento no volume e uma diminuição nas paredes não tocadas dos canais radiculares e nos debris acumulados ($p < 0,05$) (Tabela 2, Figura 2 e 3). Não foram observadas diferenças significativas entre os grupos HyFlex e Rotate em nenhum dos parâmetros avaliados após os preparos 0.25 ($p > 0,05$) (Tabela 2, Figura 2 e 3). Entretanto, o preparo 0.40 com instrumentos Rotate resultou em um maior aumento no volume em todos os terços ($p < 0,05$) e menor acúmulo de debris no terço apical ($p < 0,05$) (Tabela 2, Figura 2 e 3).

Com relação à capacidade de centralização e transporte do canal radicular, não foram observadas diferenças significativas entre os dois grupos avaliados após o preparo do canal radicular 0.25 ($p > 0,05$) (Tabela 3). No entanto, após o preparo do canal radicular 0.40, o grupo Rotate apresentou maior transporte do canal radicular em todos os terços e menor capacidade de centralização no terço apical em comparação com o grupo HyFlex ($p < 0,05$) (Tabela 3). Notavelmente, nenhuma fratura de instrumento ou acidente grave ocorreu durante os procedimentos de preparo do canal radicular.

TABELA 1 - Média $\pm$ desvio padrão do comprimento (mm), ângulo ($^{\circ}$) da primeira e segunda curvatura e volume dos canais radiculares (mm^3) em imagens pré-operatórias e volume dos canais radiculares (mm^3), aumento do volume (%), paredes não tocadas (%) e debris acumulados (%) após o preparo do canal radicular com instrumentos 0.25 e 0.40.

	HyFlex EDM		VDW.Rotate	
	0.25	0.40	0.25	0.40
Comprimento (mm)	20,1 $\pm$ 1,4		20,2 $\pm$ 1,1	
Ângulo da primeira curvatura ($^{\circ}$)	36,1 $\pm$ 7,5		40,1 $\pm$ 5,5	
Ângulo da segunda curvatura ($^{\circ}$)	34,4 $\pm$ 12,0		35,7 $\pm$ 11,2	
Volume (mm^3) - Antes do preparo	5,0 $\pm$ 1,9		4,0 $\pm$ 1,4	
Volume (mm^3) - Após o preparo	6,9 $\pm$ 2,5	7,5 $\pm$ 2,8	5,7 $\pm$ 1,4	7,9 $\pm$ 1,8
Aumento do volume (%)	27,1 $\pm$ 8,8	32,9 $\pm$ 9,7	30,4 $\pm$ 12,2	48,8 $\pm$ 13,2^a
Paredes não tocadas (%)	42,5 $\pm$ 11,7	31,4 $\pm$ 11,9	44,5 $\pm$ 9,8	25,5 $\pm$ 12,9
Debris acumulados (%)	4,3 $\pm$ 2,3	3,0 $\pm$ 1,6	3,3 $\pm$ 1,6	1,8 $\pm$ 1,3^a

Observação: O negrito representa diferenças estatísticas entre os preparos com o mesmo sistema com diferentes tamanhos de ponta 0.25 ou 0.40 ($p < 0,05$).

^a Representa diferenças estatísticas entre os diferentes sistemas avaliados.

TABELA 2 - Média $\pm$ desvio padrão ou mediana [intervalo interquartil] dos valores de aumento do volume (%), paredes não tocadas (%) e debris acumulados (%) após o preparo do canal radicular com instrumentos 0.25 e 0.40 em uma avaliação por terços do canal radicular.

		HyFlex EDM		VDW.Rotate	
		0.25	0.40	0.25	0.40
Terço apical	Aumento do volume (%)	10,1 [0 - 31,9]	25,0 $\pm$ 20,5	13,6 [6,1 - 37,3]	43,8 $\pm$ 24,0^a
	Paredes não tocadas (%)	53,9 $\pm$ 29,1	39,7 [14,6 - 66,8]	43,2 $\pm$ 24,7	17,18 [11,2 - 47,7]
	Debris (%)	7,0 [1,6 - 9,8]	4,9 $\pm$ 3,7	2,6 [1,2 - 4,7]	1,9 $\pm$ 1,7^a
Terço médio	Aumento do volume (%)	25,8 $\pm$ 9,7	32,9 $\pm$ 10,0	27,7 $\pm$ 10,3	48,2 $\pm$ 11,6^a
	Paredes não tocadas (%)	41,2 $\pm$ 14,1	29,9 $\pm$ 12,6	40,1 $\pm$ 13,2	24,2 $\pm$ 13,7
	Debris (%)	3,3 $\pm$ 1,4	1,7 [1,1 - 2,4]	3,1 $\pm$ 2,1	1,0 [0,6 - 2,9]
Terço cervical	Aumento do volume (%)	30,9 $\pm$ 10,1	33,0 [27,6 - 42,6]	34,4 $\pm$ 13,6	53,2 [45,3 - 58,0]^a
	Paredes não tocadas (%)	40,5 $\pm$ 11,6	29,7 $\pm$ 13,9	42,0 $\pm$ 12,5	26,7 $\pm$ 12,6
	Debris (%)	2,7 [1,6 - 4,0]	2,2 $\pm$ 1,4	3,4 [1,7 - 4,9]	1,8 $\pm$ 1,3

Observação: O negrito representa diferenças estatísticas entre os preparos com o mesmo sistema com diferentes tamanhos de ponta 0.25 ou 0.40 ($p < 0,05$).

^a Representa diferenças estatísticas entre os diferentes sistemas avaliados.

TABELA 3 – Média $\pm$ desvio padrão da capacidade de centralização e transporte do canal radicular após o preparo do canal radicular com os instrumentos 0.25 e 0.40.

	HyFlex EDM		VDW.Rotate	
	0.25	0.40	0.25	0.40
Terço apical				
Capacidade de centralização	0,56 $\pm$ 0,31	0,57 $\pm$ 0,23	0,48 $\pm$ 0,25	0,35 $\pm$ 0,16^a
Transporte do canal radicular	0,05 $\pm$ 0,06	0,07 $\pm$ 0,06	0,05 $\pm$ 0,04	0,13 $\pm$ 0,06^a
Terço médio				
Capacidade de centralização	0,57 $\pm$ 0,23	0,62 $\pm$ 0,20	0,60 $\pm$ 0,26	0,52 $\pm$ 0,22
Transporte do canal radicular	-0,01 $\pm$ 0,08	-0,01 $\pm$ 0,09	-0,02 $\pm$ 0,11	-0,13 $\pm$ 0,16^a
Terço cervical				
Capacidade de centralização	0,74 $\pm$ 0,22	0,68 $\pm$ 0,21	0,60 $\pm$ 0,16	0,57 $\pm$ 0,21
Transporte do canal radicular	-0,04 $\pm$ 0,07	-0,06 $\pm$ 0,13	-0,10 $\pm$ 0,09	-0,18 $\pm$ 0,12^a

Observação: O negrito representa diferenças estatísticas entre os preparos com o mesmo sistema com diferentes tamanhos de ponta 0.25 ou 0.40 ($p < 0,05$).

^a Representa diferenças estatísticas entre os diferentes sistemas avaliados.



FIGURA 2 - Modelos 3D representativos (à esquerda) e seções transversais dos terços apical, médio e cervical (à direita) das raízes mesiais dos molares inferiores preparados com os sistemas HyFlex EDM ou VDW.Rotate, representados antes (em verde), após o uso dos instrumentos 0.25 (em roxo) e 0.40 (em amarelo).

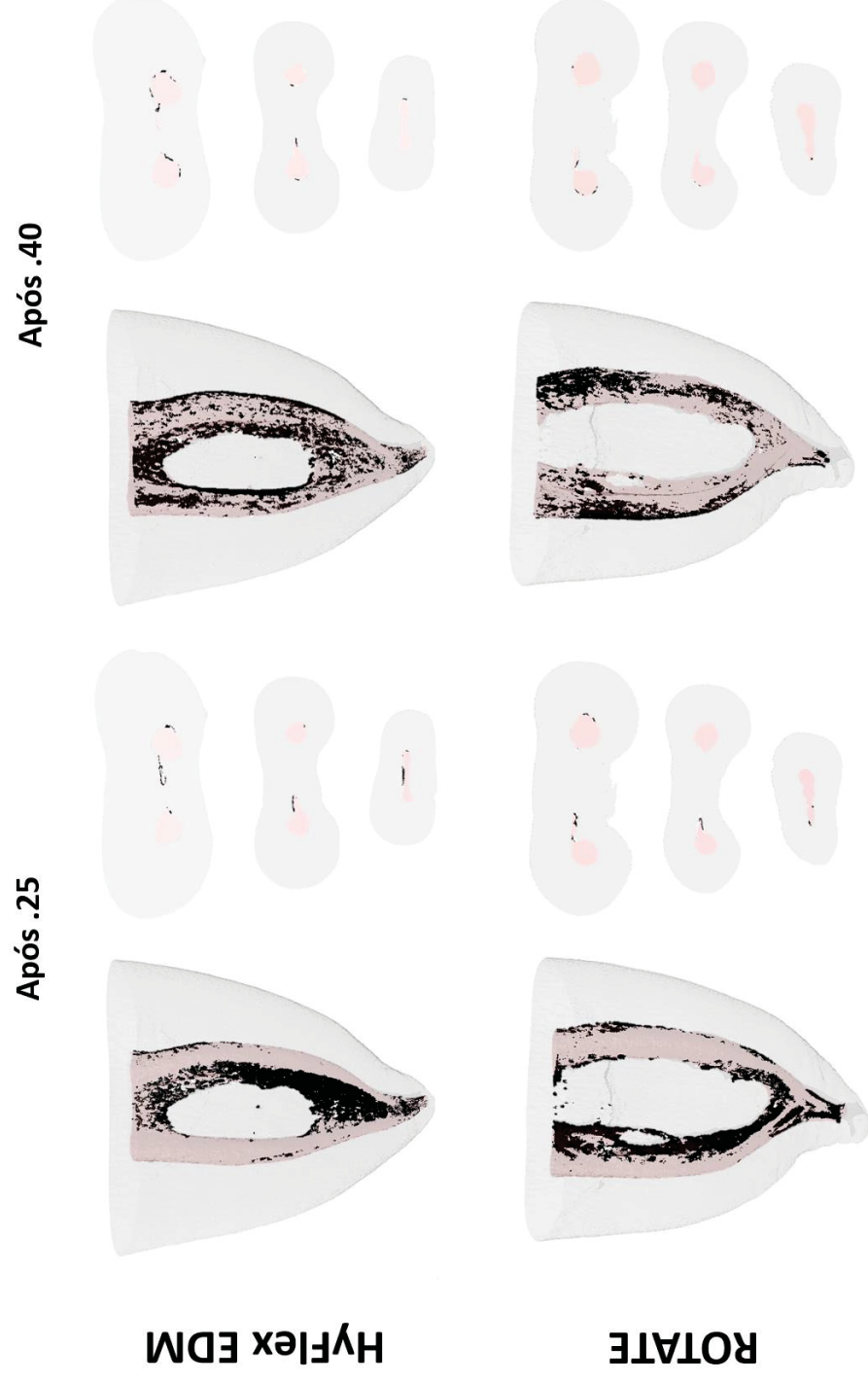


FIGURA 3 - Modelos 3D representativos (à esquerda) e seções transversais dos terços apical, médio e cervical (à direita) das raízes mesiais de molares inferiores preparadas com os sistemas HyFlex EDM ou VDW.Rotate mostrando a quantidade de debris (em preto) após o preparo do canal radicular com os instrumentos 0.25 e 0.40.

4.6 DISCUSSÃO

Este estudo apresenta informações importantes comparando a eficácia da modelagem dos sistemas HyFlex EDM e VDW.Rotate nos canais radiculares em forma de “S” de molares inferiores. Uma análise abrangente dos parâmetros, incluindo aumento de volume, áreas de parede do canal radicular não tocadas, debris acumulados, capacidade de centralização e transporte do canal radicular após o preparo com instrumentos 0.25, não revelou diferenças estatisticamente significativas entre os dois sistemas ($p > 0,05$) (Tabelas 1 e 3). Esses resultados sugerem que ambos os sistemas têm desempenho semelhante na manutenção da anatomia original do canal radicular e na prevenção da remoção excessiva de dentina nesse nível de preparo. Entretanto, após o preparo com um tamanho apical maior (limas 0.40), o sistema Rotate revelou um maior volume do canal radicular, menos debris acumulados, mas também apresentou maior transporte do canal radicular e menor capacidade de centralização no terço apical quando comparado ao HyFlex ($p < 0,05$) (Tabelas 1 e 3). Consequentemente, a hipótese nula foi rejeitada, ressaltando as características de desempenho distintas de cada sistema, particularmente à medida que o preparo do canal progride para diâmetros apicais maiores.

Apesar da modelagem eficaz observada, uma parte significativa das paredes do canal radicular permaneceu sem instrumentação, mesmo após os preparos 0.40, com mais de 40% das superfícies do canal radicular intocadas em todos os segmentos e sistemas avaliados. Do ponto de vista clínico, essas superfícies podem abrigar bactérias residuais e tecido necrótico, criando um nicho em potencial para o crescimento bacteriano. Essa contaminação residual representa uma preocupação significativa, pois pode prejudicar o sucesso do tratamento endodôntico em longo prazo, facilitando a infecção persistente ou recorrente, levando potencialmente à doença pós-tratamento ou à cicatrização tardia [24]. Nesse contexto, a literatura consistentemente demonstra que, embora os maiores preparos apicais não consigam entrar em contato com todas as paredes dos canais radiculares, eles desempenham um papel crucial no aprimoramento do processo de limpeza do sistema de canais radiculares. O aumento do preparo do canal melhora a eficiência da limpeza ao aumentar o fluxo da solução irrigadora na região apical [25], melhorando assim a remoção de debris acumulados [16], tecido pulpar [26] e, por

fim, melhorando a limpeza e a descontaminação dos canais radiculares [14], apoiando melhores resultados de tratamento [27]. Notavelmente, o sistema Rotate apresentou um aumento significativamente maior no volume do canal em todos os terços do canal radicular ($p < 0,05$) e uma remoção mais eficaz de debris, particularmente no terço apical ($p < 0,05$), em comparação com o sistema HyFlex (Tabela 2). Embora ambos os instrumentos 0.40 compartilhem o mesmo tamanho apical e conicidade, fatores críticos, como tratamento térmico e diferenças no design da seção transversal, influenciaram o comportamento biomecânico durante o preparo do canal radicular [6, 28]. O movimento do sistema Rotate descentralizado e a seção transversal em forma de “S” agressiva garantiram maior eficiência de corte [11], resultando em um volume maior do canal radicular após o preparo [28], o que, por sua vez, facilitou a remoção de detritos de tecido duro [8].

No geral, ambos os grupos alcançaram um grau comparável de centralização durante o preparo do canal radicular. No entanto, no terço apical, após o preparo 0.40, o grupo Rotate apresentou uma centralização significativamente menor em comparação com o grupo HyFlex, o que está de acordo com um estudo anterior [28]. Ambos os sistemas apresentaram transporte do canal nos terços cervical e médio em direção à região mesial da furca, estando de acordo com a literatura [29]. O sistema Rotate causou um transporte significativamente maior em todos os terços em comparação com o Rotate 0.25 e os sistemas HyFlex no nível de preparo 0.40. Esse comportamento pode ser atribuído à tendência da lima de retornar ao seu formato original durante o preparo devido à sua menor flexibilidade quando comparada aos instrumentos HyFlex [17]. Pesquisas anteriores demonstraram um transporte reduzido do canal com ligas metálicas CM, devido à sua estrutura elástica e flexibilidade [30]. O sistema HyFlex EDM, por ser mais flexível, se adapta melhor à anatomia original do canal radicular [17], resultando em menor transporte e em um preparo mais centralizado. Esse achado foi corroborado por Özyürek e Demiryürek [17], que compararam o sistema HyFlex EDM com uma liga azul tratada termicamente em canais de resina simulados com dupla curvatura. Özyürek e Demiryürek [17] observaram ainda que o sistema HyFlex EDM apresentou o preparo mais seguro em curvas, concordando com os resultados deste estudo. No entanto, é importante observar que, apesar dessas diferenças significativas, ambos os sistemas foram seguros durante o processo de preparo, pois o grau de transporte foi mínimo e não ocorreram acidentes no procedimento.

O principal ponto forte deste estudo está no uso de dentes humanos com canais radiculares em forma de “S”, que refletem com mais precisão as complexidades dos cenários clínicos endodônticos. Embora estudos anteriores tenham investigado o preparo de canais radiculares em forma de “S” comparando vários instrumentos [12, 17], muitos deles utilizaram blocos de resina simulados, que apresentam limitações significativas. Os blocos de resina não possuem as irregularidades anatômicas e as curvaturas multiplanares inerentes aos dentes naturais [31] e, portanto, não conseguem reproduzir totalmente os desafios da instrumentação de canais radiculares humanos. Além disso, as propriedades mecânicas da resina diferem consideravelmente das da dentina. A resina tem uma dureza de superfície menor do que a dentina radicular, o que significa que as forças de corte em dentes naturais podem ser mais do que o dobro daquelas necessárias para cortar a resina [32]. Além disso, o calor gerado pelos instrumentos rotatórios pode amolecer a resina, aumentando o risco de deformação ou fratura do instrumento [16, 33], um problema que não é tão relevante na dentina natural. Apesar dos desafios de selecionar amostras emparelhadas com características semelhantes de canal radicular em forma de “S”, confirmadas pelos dados de linha de base (Tabela 1), como o comprimento do canal radicular correspondente, o ângulo da primeira e o segunda curvaturas e os volumes iniciais do canal radicular, o uso de dentes humanos naturais apresenta vantagens claras [34]. Ele permite uma replicação mais precisa dos procedimentos e resultados clínicos, o que é particularmente importante ao estudar variações anatômicas como canais em forma de “S”. Essa abordagem aumenta o valor dos resultados, tornando-os mais aplicáveis à prática clínica do mundo real e contribuindo para uma mais realista compreensão do desempenho do instrumento em condições anatômicas complexas. Outro ponto forte significativo deste estudo foi o uso da micro-CT como ferramenta analítica, o que permitiu um melhor controle sobre os efeitos de confusão das variações anatômicas da morfologia do dente que, de outra forma, poderiam influenciar os resultados experimentais. Além disso, as imagens de micro-CT facilitam avaliações 3D quantitativas e não destrutivas, permitindo uma avaliação mais detalhada e abrangente do preparo do canal radicular [35]. Essa tecnologia permite a análise de diferentes estágios de ampliação do canal radicular no mesmo espécime, bem como avaliações precisas do canal radicular como um todo e em secções específicas, como os terços cervical, médio e apical.

Uma limitação deste estudo foi a diferença na sequência inicial entre os sistemas HyFlex de instrumentos 20/0.04 e Rotate 15/0.04, que pode ter influenciado a eficiência do corte, remoção de dentina e a segurança do preparo, afetando potencialmente o risco de desvios. Outra limitação é a ausência de uma avaliação de protocolos de limpeza complementares após o preparo do canal radicular. Embora a instrumentação mecânica seja essencial, ela não garante a remoção completa dos detritos e do tecido necrótico, especialmente na anatomia mais complexa dos canais radiculares em forma de “S”. Os sistemas que ativam soluções irrigadoras, como a irrigação ultrassônica ou outras técnicas aprimoradas, são comumente integrados aos protocolos de irrigação [25]. No entanto, em canais com curvaturas acentuadas, como os estudados aqui, a penetração de insertos ultrassônicos na região apical pode não ser viável, limitando potencialmente a eficácia desses métodos para alcançar áreas não instrumentadas. Pesquisas futuras devem incorporar métodos de limpeza complementares, como sistemas de ativação de irrigação adaptados a anatomias complexas, e avaliar sua capacidade de limpar as paredes não tocadas do canal radicular e remover os debris acumulados.

4.7 CONCLUSÕES

Com base nos resultados, ambos os sistemas demonstraram desempenho semelhante até o preparo 0.25 e, embora tenham surgido diferenças após o preparo 0.40, ambos os sistemas proporcionaram um preparo seguro e sem acidentes de procedimento. Os resultados sugerem que é possível ampliar com segurança os canais radiculares em forma de “S” até um diâmetro 0.40, oferecendo vantagens claras nos casos em que é necessária uma descontaminação maior.

4.8 REFERÊNCIAS

1. G. De- Deus, F. G. Belladonna, A. S. Zuolo, et al., “3- Dimensional Ability Assessment in Removing Root Filling Material From Pair- Matched Oval- Shaped Canals Using Thermal- Treated Instruments,” *Journal of Endodontics* 45 (2019): 1135–1141.

2. A. Chaniotis and R. Ordinola- Zapata, "Present Status and Future Directions: Management of Curved and Calcified Root Canals," *International Endodontic Journal* 55 (2022): 656–684.
3. O. A. Peters, "Current Challenges and Concepts in the Preparation of Root Canal Systems: A Review," *Journal of Endodontics* 30 (2004): 559–567.
4. L. M. Lin, P. A. Rosenberg, and J. Lin, "Do Procedural Errors Cause Endodontic Treatment Failure?," *Journal of the American Dental Association* 136 (2005): 187–231.
5. M. K. Wu, A. R'oris, D. Barkis, and P. R. Wesselink, "Prevalence and Extent of Long Oval Canals in the Apical Third," *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics* 89 (2000): 739–743.
6. G. R. M. La Rosa, M. L. Leotta, F. S. Canova, et al., "Cyclic Fatigue Resistance of Different Nickel- Titanium Instruments in Single and Double Curvature at Room and Body Temperatures: A Laboratory Study," *Australian Endodontic Journal* 49 (2023): 592–598.
7. Z. Su, B. Hou, C. Fang, and X. Hou, "Effect of the Morphology of S- Shaped Root Canals With Reciprocating Single File System on Root Canal Irrigation," *Zhong Nan Da Xue Xue Bao. Yi Xue Ban* 39 (2014): 1181–1185.
8. G. De- Deus, J. Marins, E. J. Silva, et al., "Accumulated Hard Tissue Debris Produced During Reciprocating and Rotary Nickel- Titanium Canal Preparation," *Journal of Endodontics* 41 (2015): 676–681.
9. F. Iacono, C. Pirani, L. Generali, et al., "Structural Analysis of HyFlex EDM Instruments," *International Endodontic Journal* 50 (2017): 303–313.
10. HyFlex EDM Brochure, "Coltene" (2016), https://global.coltene.com/fileadmin/Data/EN/Products/Endodontics/Root_Canal_Shaping/HyFlex_EDM/31328A_HyFlexEDM_Brochure_US.pdf.
11. VDW.Rotate Brochure, "VDW Dental" (2019), <http://www.vdw-dental.com/en/service/brochure-downloads/>.

12. C. Keskin, Ö. Sivas Yilmaz, A. Keleş, and U. Inan, "Comparison of Cyclic Fatigue Resistance of Rotate Instrument With Reciprocating and Continuous Rotary Nickel-Titanium Instruments at Body Temperature in Relation to Their Transformation Temperatures," *Clinical Oral Investigations* 25 (2021): 151–157.
13. E. J. N. L. Silva, J. N. R. Martins, N. Ajuz, et al., "Multimethod Analysis of a Novel Multi-Coloured Heat-Treated Nickel-Titanium Rotary System: Design, Metallurgy, Mechanical Properties, and Shaping Ability," *Journal of Endodontics* 50, no. 11 (2024): 1622–1633.
14. R. C. V. Rodrigues, H. Zandi, A. K. Kristoffersen, et al., "Influence of the Apical Preparation Size and the Irrigant Type on Bacterial Reduction in Root Canal- Treated Teeth With Apical Periodontitis," *Journal of Endodontics* 43 (2017): 1058–1063.
15. J. R. Burroughs, B. E. Bergeron, M. D. Roberts, J. L. Hagan, and V. T. Himel, "Shaping Ability of Three Nickel-Titanium Endodontic File Systems in Simulated S-Shaped Root Canals," *Journal of Endodontics* 38 (2012): 1618–1621.
16. L. Zhang, H. X. Luo, X. D. Zhou, H. Tan, and D. M. Huang, "The Shaping Effect of the Combination of Two Rotary Nickel-Titanium Instruments in Simulated S-Shaped Canals," *Journal of Endodontics* 34 (2008): 456–458.
17. T. Özyürek, K. Yılmaz, and G. Uslu, "Shaping Ability of Reciproc, WaveOne GOLD, and HyFlex EDM Single-File Systems in Simulated S-Shaped Canals," *Journal of Endodontics* 43 (2017): 805–809.
18. M. L. Pérez Morales, A. O. González Sánchez, J. G. Olivieri, et al., "Micro-Computed Tomographic Assessment and Comparative Study of the Shaping Ability of 6 Nickel-Titanium Files: An In Vitro Study," *Journal of Endodontics* 47 (2021): 812–819.
19. V. Nagendrababu, P. E. Murray, R. Ordinola- Zapata, et al., "PRILE 2021 Guidelines for Reporting Laboratory Studies in Endodontology: A Consensus-Based Development," *International Endodontic Journal* 54, no. 9 (2021): 1482–1490.
20. Pérez Morales, M.L.N., González Sánchez, J.A., Olivieri, J.G., Elmsmari, F., Salmon, P., Jaramillo, D.E., Terol, F.D. Micro-computed Tomographic Assessment

and Comparative Study of the Shaping Ability of 6 Nickel-Titanium Files: An In Vitro Study. *Journal of Endodontic* 47, no. 5 (2021) :812-819.

21. E. Schäfer, C. Diez, W. Hoppe, and J. Tepel, "Roentgenographic Investigation of Frequency and Degree of Canal Curvatures in Human Permanent Teeth," *Journal of Endodontics* 28 (2002): 211–216.

22. F. R. Tay, L. S. Gu, G. J. Shoeffel, et al., "Effect of Vapor Lock on Root Canal Debridement by Using a Side-Vented Needle for Positive-Pressure Irrigant Delivery," *Journal of Endodontics* 36 (2010): 745–750.

23. M. M. B. Pivoto- João, M. Tanomaru- Filho, J. C. Pinto, C. G. Espir, and J. M. Guerreiro-Tanomaru, "Root Canal Preparation and Enlargement Using Thermally Treated Nickel-Titanium Rotary Systems in Curved Canals," *Journal of Endodontics* 46 (2020): 1758–1765.

24. K. P. Pinto, A. F. A. Barbosa, E. J. N. L. Silva, A. P. P. Santos, and L. M. Sassone, "What Is the Microbial Profile in Persistent Endodontic Infections? A Scoping Review," *Journal of Endodontics* 49 (2023): 786–798.

25. C. Boutsoukis and M. T. Arias- Moliz, "Present Status and Future Directions—Irrigants and Irrigation Methods," *International Endodontic Journal* 55, no. Suppl 3 (2022): 588–612.

26. V. J. Fornari, Y. T. Silva- Sousa, J. R. Vanni, J. D. Pécora, M. A. Ver siani, and M. D. Sousa- Neto, "Histological Evaluation of the Effective ness of Increased Apical Enlargement for Cleaning the Apical Third of Curved Canals," *International Endodontic Journal* 43 (2010): 988–994.

27. S. Fatima, A. Kumar, S. M. Andrabi, et al., "Effect of Apical Third Enlargement to Different Preparation Sizes and Tapers on Postoperative Pain and Outcome of Primary Endodontic Treatment: A Prospective Randomized Clinical Trial," *Journal of Endodontics* 47 (2021): 1345–1351.

28. O. Mahmoud, S. Alhimairi, D. Sultan, and A. Ali, "Shaping Abil ity of Different Rotary and Reciprocating File Systems in Simulated S-Shaped Root Canals," *European Endodontic Journal* 9 (2024): 114–123.

29. S. Stern, S. Patel, F. Foschi, M. Sherriff, and F. Mannocci, "Changes in Centring and Shaping Ability Using Three Nickel-Titanium Instrumentation Techniques Analysed by Micro- Computed Tomography," *International Endodontic Journal* 45 (2012): 514–523. 8 of 9
30. S. Bürklein, L. Börjes, and E. Schäfer, "Comparison of Preparation of Curved Root Canals With Hyflex CM and Revo-S Rotary Nickel Titanium Instruments," *International Endodontic Journal* 47 (2014): 470–476.
31. M. H. Villas- Bôas, N. Bernardineli, B. C. Cavenago, et al., "Micro- Computed Tomography Study of the Internal Anatomy of Mesial Root Canals of Mandibular Molars," *Journal of Endodontics* 37 (2011): 1682–1686.
32. V. Biasillo, R. Castagnola, M. Colangeli, et al., "Comparison of Shap ing Ability of the Reciproc Blue and One Curve With or Without Glide Path in Simulated S-Shaped Root Canals," *Restoration of Dental Endodontics* 47 (2022): e3.
33. K. Bane, B. Faye, M. Sarr, S. O. Niang, D. Ndiaye, and P. Machtou, "Root Canal Shaping by Single- File Systems and Rotary Instruments: A Laboratory Study," *Iranian Endodontic Journal* 10 (2015): 135–139.
34. M. Hülsmann, O. A. Peters, and P. Dummer, "Mechanical Preparation of Root Canals: Shaping Goals, Techniques and Means," *Endodontic Topics* 10 (2005): 30–76.
35. G. De- Deus, M. Simões- Carvalho, F. G. Belladonna, et al., "Creation of Well-Balanced Experimental Groups for Comparative Endodontic Laboratory Studies: A New Proposal Based on Micro- CT and In Silico Methods," *International Endodontic Journal* 53 (2020): 974–985.

5 ARTIGO 3

*Versão em português do artigo para submissão no jornal International Endodontic Journal

5.1 TÍTULO

RETRATAMENTO DE CANAIS RADICULARES EM FORMA DE “S” DE MOLARES INFERIORES

5.2 RESUMO

Objetivo: O objetivo desse estudo foi avaliar o retratamento endodôntico com o sistema Reciproc Blue de canais em forma de “S” em raízes mesiais de molares inferiores preparados endodonticamente até 40.04, com e sem o uso do solvente endodôntico à base de óleo de laranja. Adicionalmente, avaliar o efeito da ampliação apical com o instrumento HyFlex EDM 50.03 na limpeza do canal radicular após o retratamento.

Metodologia: Dezoito canais radiculares em forma de “S” de raízes mesiais de molares inferiores foram preparados até o instrumento 40.04 HyFlex EDM, e obturados com cones de guta-percha 40.04 e cimento AH plus. Os espécimes foram divididos em dois grupos de acordo com a técnica de remoção da obturação: Reciproc Blue R40 (n=9) e Reciproc Blue R40 + solvente à base de óleo de laranja (n=9). O sistema HyFlex EDM 50.03 foi utilizado após a remoção da obturação para realizar a ampliação apical dos canais radiculares. As amostras foram escaneadas por microtomografia computadorizada com os canais obturados, após a remoção da obturação e após a ampliação final. Os canais radiculares foram avaliados por terços com relação a porcentagem de volume do material obturador remanescente, transporte e a centralização. Os testes t de Student ou Mann-Whitney foram utilizados para os dados intergrupais, e os testes ANOVA foram aplicados para os dados intragrupos ($p < 0,05$).

Resultados: O remanescente de material obturador foi significativamente maior na região apical, em ambos os grupos, não sendo observadas diferenças significativas entre os grupos. A ampliação apical com o instrumento HyFlex EDM 50.03 reduziu

significativamente o remanescente de material obturador sem causar complicações. As análises de capacidade de transporte e centralização indicaram semelhanças entre os dois grupos.

Conclusão: O uso do solvente à base de óleo de laranja não influenciou significativamente na remoção do material obturador e no transporte em canais radiculares em forma de “S” de molares inferiores, e a maior ampliação apical com o instrumento HyFlex EDM 50.03 foi eficiente, sem causar complicações.

5.3 INTRODUÇÃO

A periodontite apical, doença inflamatória dos tecidos perirradiculares, pode surgir ou persistir após o tratamento endodôntico do canal radicular, quando o mesmo não foi eficaz na desinfecção intrarradicular (Siqueira, 2001; Nair, 2006; Wang et al., 2013). Estudos revelam que a taxa de sucesso do tratamento endodôntico varia entre 81 a 93% (López-Valverde et al., 2023; Patel et al., 2024). Em casos de insucesso, o retratamento endodôntico convencional é a primeira opção clínica (Torabinejad et al., 2009). Este envolve desafios adicionais decorrentes da complexidade anatômica do sistema de canais radiculares e das propriedades físico-químicas dos materiais obturadores (Da Rosa et al., 2015; Alves et al., 2016; Silveira et al., 2018; Copelli et al., 2025).

Uma maior ampliação apical dos canais radiculares favorece uma maior descontaminação (Rodrigues et al., 2017). Com os sistemas mecanizados atuais, é possível realizar uma maior ampliação segura, mesmo em anatomias complexas, como as raízes mesiais de molares inferiores em forma de “S” (Leal et al., 2025). No entanto, a necessidade de retratamento em tais condições anatômicas representa uma preocupação clínica relevante. Além disso, mais de 80% dos molares inferiores apresentam áreas de istmos (von Arx, 2005; Fan et al., 2010), representando uma complexidade anatômica adicional para a desinfecção desse grupo dentário (Vera et al., 2012; Campello et al., 2019).

O retratamento endodôntico envolve a remoção segura e eficiente dos materiais obturadores, seguida de novo preparo químico-mecânico e reobturação do sistema de canais radiculares, visando restabelecer um ambiente favorável à reparação dos tecidos periapicais (Beasley et al., 2013). Os materiais obturadores podem servir como barreiras que protegem microrganismos remanescentes em

áreas inacessíveis, sobretudo na região apical, perpetuando o processo inflamatório e a sintomatologia clínica (Riccuci & Siqueira Jr, 2009; Riccuci & Siqueira Jr, 2010). Diversas técnicas têm sido propostas para a remoção desses materiais, e, embora eficazes, estudos *in vitro* demonstram que a remoção completa ainda não é viável (Scelza et al., 2008; Da Rosa et al., 2015; Crozeta et al., 2016; Özyürek e Demiryürek, 2016; Sapana et al., 2024; Copelli et al., 2025).

O sistema recíprocante Reciproc Blue (VDW, Munique, Alemanha), embora originalmente desenvolvido para o preparo endodôntico inicial, tem sido amplamente utilizado em retratamentos devido à sua elevada flexibilidade, menor risco de fratura e capacidade de pré-curvatura (De-Deus et al., 2017). Estudos relatam sua eficácia na remoção de materiais obturadores e na redução da extrusão apical de detritos (Silva et al., 2014; Dincer et al., 2015; Romeiro et al., 2020; Copelli et al., 2025). Contudo, não há registros na literatura sobre seu desempenho no retratamento de raízes mesiais de molares inferiores com curvatura em forma de “S”.

Solventes endodônticos têm sido empregados como auxiliares na remoção de materiais obturadores, contribuindo para a diminuição da extrusão apical de detritos, do tempo de trabalho e da fratura de instrumentos, além de poder reduzir a carga microbiana (Çanakçı et al., 2015; Keskin et al., 2017; Aminsobhani et al., 2022; Chatchawanwirote et al., 2022). Assim, o seu uso poderia ser benéfico em uma condição anatômica em forma de “S”, minimizando os riscos durante o procedimento. Dentre os solventes disponíveis, o solvente a base de óleo de laranja tem sido proposto como alternativa menos tóxica ao clorofórmio, apresentando eficácia na dissolução de guta-percha (Hansen, 1998; Zaccaro et al., 2006; Rehman et al., 2013; Karatas et al., 2016). No entanto, sua indicação ainda permanece controversa (Dotto et al., 2021).

Até o momento, não existem estudos avaliando o retratamento endodôntico de raízes mesiais de molares inferiores com anatomia em forma de “S” com maiores ampliações iniciais apicais, como as recomendadas atualmente (Leal, et al., 2025). Evidências científicas que explorem a segurança e eficácia do retratamento e da ampliação apical em canais com dupla curvatura são necessárias.

Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar o retratamento de canais radiculares em forma de “S” de raízes mesiais de molares inferiores, previamente preparados até o diâmetro 40.04, utilizando o sistema Reciproc Blue com ou sem o auxílio do solvente à base de óleo de laranja. Adicionalmente, buscou-se analisar o efeito da

ampliação apical com o sistema HyFlex EDM 50.03 na limpeza dos canais radiculares após a remoção do material obturador.

As hipóteses nulas testadas foram: (i) não há diferença na quantidade de material obturador remanescente entre os grupos com e sem o uso do solvente à base de óleo de laranja; e (ii) não há diferença no transporte e centralização dos canais radiculares após a ampliação apical com o instrumento HyFlex EDM 50.03.

5.4 MATERIAIS E MÉTODOS

Esse projeto de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Paraná (01001318.6.0000.0102).

Cálculo amostral

Para determinar o tamanho da amostra, o cálculo amostral foi realizado utilizando o software G*Power v3.1 para Mac (Heinrich Heine, Universität Düsseldorf, Alemanha). O tamanho de efeito foi determinado utilizando os dados de volume de material obturador remanescente do estudo de Romeiro et al. (2020) e de centralização do estudo de Copelli et al. (2025). Os parâmetros de erro alfa de 0,05 e poder beta de 80% foram utilizados com o teste t de Student. Um total de 18 amostras (n=9) foi indicado como o número ideal de amostras necessárias para observar diferenças significativas entre os grupos. Entretanto, o estudo adotou um tamanho de amostra de 11 dentes por grupo (n = 11), considerando a possibilidade de perda de amostras com a metodologia empregada.

Seleção da amostra

Molares inferiores com raízes mesiais portadoras de dupla curvatura foram selecionados no banco de dentes humanos de Universidade Federal do Paraná. Foram realizadas radiografias periapicais (Sistema de placas de fósforo, Durr, Porto Alegre, Brasil) para verificação dos critérios de inclusão. Apenas canais radiculares do tipo I e II de Vertucci, com rizogênese completa, sem tratamento endodôntico prévio, ou reabsorções ou fraturas radiculares, foram incluídos no estudo. Um total de 22 espécimes foram selecionados.

Após o acesso à cavidade pulpar com o uso de pontas diamantadas 1013 e 3082 (KG Sorensen, São Paulo, Brasil), os dentes foram seccionados verticalmente, separando as raízes distais e mesiais.

Preparo dos canais radiculares

Instrumentos manuais de diâmetro apical #10 (Dentsply Sirona, Ballaigues, Suíça) foram utilizados para confirmar a patência e determinar o comprimento de trabalho (CT) dos canais radiculares das raízes mesiais, sendo estabelecido a 1 mm aquém do forame apical.

Os canais radiculares foram então preparados até um instrumento de diâmetro e conicidade 40.04 (HyFlex EDM, Dentsply Sirona, Ballaigues, Suíça), adaptados em um motor X-Smart Plus (Dentsply Sirona, Ballaigues, Suíça), em movimento contínuo até o CT (400rpm, 3,0 N.cm). Durante o preparo, os canais radiculares foram irrigados com a solução irrigadora de hipoclorito de sódio a 2,5% (NaOCl) (Asfer, São Caetano do Sul, Brasil), utilizando uma seringa descartável de 5mL (BD, Curitiba, Brasil) e uma cânula 29G NaviTip (Ultradent Inc.; South Jordan, UT, USA). Ao final do preparo, os canais radiculares foram irrigados com 3 mL de EDTA 17% (Fórmula & Ação, São Paulo, Brasil) (1 min), seguido por uma irrigação final de 3 mL de NaOCl 2,5%. Por fim, os canais radiculares foram secos com pontas de papel absorvente 40.04 (Dentsply Sirona, Ballaigues, Suíça).

Obturação dos canais radiculares

Os canais radiculares foram obturados através da técnica de cone único, utilizando cones de guta-percha 40.04 (Dentsply Sirona, Ballaigues, Suíça) e cimento a base de resina epóxi-amina, o AH Plus Jet (Dentsply Sirona, Ballaigues, Suíça). Com leves movimentos de bombeamento em sentido apical, os cones de guta-percha revestidos de cimento foram inseridos no canal radicular até o CT. Em seguida, foi realizado o corte da obturação no nível da embocadura dos canais radiculares com um calcador de Paiva (Odous de Deus, Belo Horizonte, Brasil) aquecido, seguido da condensação vertical com o mesmo calcador de Paiva resfriado. Após a confirmação da qualidade da obturação através de radiografias periapicais, as embocaduras dos canais radiculares foram seladas com o cimento provisório Coltosol (Coltene, Rio de Janeiro, Brasil) e as amostras mantidas em estufa a 37°C de temperatura e 100% de umidade relativa por 7 dias.

Os espécimes foram escaneados através do microtomógrafo SkyScan 1172 (Bruker-microCT, Kontich, Bélgica) (micro-CT), com tensão de 80kV e voxel de 10,89 µm, tempo de exposição de 1750 ms e filtro de 0,5 mm de alumínio. As imagens obtidas foram então reconstruídas utilizando o software NRecon v.1.6.4.8 (Bruker, Kontich, Bélgica). Foram realizadas avaliações quanto ao grau da primeira e segunda curvaturas dos canais radiculares (Schäfer et al., 2002) e análises de volume de material obturador utilizando o software CTan (Bruker, Kontich, Bélgica).

Remoção do material obturador

Para criar uma homogeneidade entre os grupos experimentais, os dentes foram anatomicamente pareados com base nas características morfológicas semelhante dos canais radiculares: comprimento, volume de material obturador, configuração anatômica e grau de curvaturas. Os dentes apresentaram um grau na primeira curvatura entre 30° a 50° e, na segunda curvatura, entre 15° a 50°.

Sendo assim, foram divididos em dois grupos (n=11) de acordo com a técnica de remoção do material obturador. Após a remoção do cimento provisório, um inserto de ultrassom R1 Clearsonic (Helse Ultrasonic, São Paulo, São Paulo, Brasil) acoplado ao aparelho de ultrassom Newtrom Booster (Satelec Acteon, Mérignac, França), foi utilizado para remover os primeiros 3 mm do material obturador a partir da embocadura dos canais radiculares (Valerio et al., 2024). Em seguida, os procedimentos de remoção do material obturador seguiram:

- Grupo 1 - Reciproc Blue: A remoção do material obturador foi realizada sequencialmente com os instrumentos Reciproc Blue R25 (VDW, Munique, Alemanha) e Reciproc Blue R40 (VDW, Munique, Alemanha), adaptados no motor X-Smart Plus (Dentsply Sirona, Ballaigues, Suíça) na função reciprocante, empregando movimentos suaves de avanço e recuo com leve pressão apical. A cada 3 movimentos, o instrumento foi removido do canal radicular e limpo com gaze embebida com NaOCl 2,5%. Esse procedimento foi repetido até o alcance do CT. A irrigação dos canais radiculares foi realizada da mesma forma da etapa de preparo dos canais radiculares.

- Grupo 2 - Reciproc Blue + solvente: 0,1 mL de solvente a base óleo de laranja (Citrol, Biodinâmica, Paraná, Brasil) foi inserido na obturação por 2 minutos (Keskin et al., 2017). Em seguida, a remoção do material obturador foi realizada sequencialmente com os instrumentos Reciproc Blue R25 (VDW, Munique,

Alemanha) e Reciproc Blue R40 (VDW, Munique, Alemanha), da mesma forma realizada no grupo anterior.

Dilatação apical

Dezoito espécimes, nove de cada grupo, foram ampliados com o instrumento HyFlex EDM 50.03 (HyFlex EDM, Dentsply Sirona, Ballaigues, Suíça), adaptado em um motor X-Smart Plus (Dentsply Sirona, Ballaigues, Suíça), em movimento contínuo até o CT (400rpm, 3,0 N.cm). A irrigação dos canais radiculares foi realizada da mesma forma das etapas anteriores.

Um endodontista experiente realizou os procedimentos de preparo dos canais radiculares, obturação, remoção do material obturador e dilatação apical.

Análises da Micro-CT

Após a remoção do material obturador e dilatação apical dos canais radiculares, os espécimes foram submetidos a uma segunda e terceira rodadas de escaneamento microtomográfico e reconstrução de imagens, utilizando os mesmos parâmetros iniciais. As imagens obtidas antes e após cada uma das etapas descritas, foram registradas utilizando o software DataViewer v.1.5.1.2 (Bruker-microCT). Em seguida, no software CTan v.1.14.4 (Bruker- microCT), as análises quantitativas foram realizadas por terços nos canais radiculares (1-3 mm, 3-5 mm e 5-7 mm aquém do forame apical). Sendo elas a porcentagem (%) de volume de material obturador remanescente após cada uma das etapas descritas anteriormente, bem como o transporte e a centralização dos canais radiculares, realizadas através da sobreposição das imagens de antes e após os procedimentos, como descrito na literatura (Pivoto-João et al., 2020).

Análise estatística

Após a verificação dos dados pelo teste de normalidade, os testes t de Student ou Mann-Whitney foram utilizados para os dados intergrupais, e o teste ANOVA e Tukey foram aplicados para os dados intragrupos, considerando o nível de significância de 5% ($p < 0,05$). A análise estatística foi realizada no programa GraphPad Prism 8 (La Jolla, CA, Estados Unidos).

5.5 RESULTADOS

Durante a etapa de remoção do material obturador com os instrumentos Reciproc Blue R25 e R40 no Grupo 1, ocorreram dois acidentes operatórios: a fratura de um instrumento R25 no terço apical de um espécime e a ocorrência de um desvio com um instrumento R40 em outro espécime, resultando em um rasgo radicular após a primeira curvatura. Em decorrência desses eventos, ambos os espécimes foram descartados, assim como seus respectivos pares no Grupo 2 (com uso de solvente), a fim de se manter o pareamento da amostra. Dessa forma, ambos os grupos foram compostos por 9 espécimes cada ($n = 9$).

O volume inicial médio de material obturador nos canais radiculares (considerando o intervalo de 1 a 7 mm aquém do forame apical) foi de $7,33 \text{ mm}^3$ no Grupo 1 e $7,52 \text{ mm}^3$ no Grupo 2 ($p > 0,05$). Quando analisado por terços, os volumes médios iniciais foram, respectivamente, $1,76 \text{ mm}^3$ (terço apical), $2,80 \text{ mm}^3$ (terço médio) e $3,37 \text{ mm}^3$ (terço cervical) no Grupo 1; e $1,51 \text{ mm}^3$, $2,42 \text{ mm}^3$ e $3,17 \text{ mm}^3$ nos mesmos terços do Grupo 2, sem diferenças estatisticamente significativas entre os grupos.

Os ângulos médios das curvaturas radiculares foram semelhantes entre os grupos. No Grupo 1, as médias da primeira e segunda curvatura foram de $38,35^\circ \pm 5,52^\circ$ e $37,85^\circ \pm 4,63^\circ$, respectivamente, enquanto que no Grupo 2 foram de $38,90^\circ \pm 7,68^\circ$ e $35,25^\circ \pm 10,51^\circ$ ($p > 0,05$).

Ambos os grupos apresentaram valores semelhantes de remanescente de material obturador, sendo significativamente maior no terço apical (Tabela 1). A ampliação apical com o instrumento HyFlex EDM 50.03 promoveu uma redução significativa do material obturador remanescente em ambos os grupos. No entanto, a remoção completa do material obturador não foi alcançada (Tabela 1).

Tabela 1 – Valores de média e desvio padrão, em porcentagem (%), do remanescente de material obturador após a remoção do material obturador (Reciproc Blue R40) e ampliação apical (HyFlex EDM 50.03) avaliados por terços.

	Reciproc Blue		Reciproc Blue + solvente	
	R40	HEDM 50.03	R40	HEDM 50.03
TERÇO APICAL	44,41 ± 18,29 ^a	39,54 ± 17,57^a	47,75 ± 18,66 ^a	39,93 ± 16,08^a
TERÇO MÉDIO	31,98 ± 13,68 ^{ab}	29,39 ± 14,01^b	37,12 ± 15,92 ^{ab}	31,26 ± 13,35^{ab}
TERÇO CERVICAL	21,59 ± 8,68 ^b	20,74 ± 8,76^b	22,84 ± 9,06 ^b	19,93 ± 9,05 ^b

Negrito representa diferença estatística entre os preparos R40 e HEDM 50.03 dentro do mesmo grupo em linha. Letras minúsculas representam diferenças significativas entre os terços dentro do mesmo grupo em coluna. Não houve diferença significativa entre os grupos.

A avaliação do transporte do canal radicular revelou valores semelhantes entre os grupos, com predominância de transporte para mesial nos terços apical e médio e para distal no terço cervical (Tabela 2). Na análise intragrupo, o Grupo 1 apresentou transporte significativamente maior no terço apical em comparação ao terço cervical. Já no Grupo 2, foram observadas diferenças significativas entre todos os terços (Tabela 2).

Tabela 2 – Valores de média e desvio padrão do transporte do canal radicular após a remoção do material obturador (Reciproc Blue R40) e ampliação apical (HyFlex EDM 50.03) avaliados por terços.

	Reciproc Blue		Reciproc Blue + solvente	
	R40	HEDM 50.03	R40	HEDM 50.03
TERÇO APICAL	0,09 ± 0,05 ^a	0,11 ± 0,06 ^a	0,09 ± 0,09 ^a	0,10 ± 0,10 ^a
TERÇO MÉDIO	0,10 ± 0,08 ^a	0,10 ± 0,10 ^{ab}	0,06 ± 0,05 ^{ab}	0,07 ± 0,05 ^{ab}
TERÇO CERVICAL	-0,03 ± 0,06 ^b	-0,03 ± 0,07 ^b	0,00 ± 0,04 ^{ac}	-0,01 ± 0,06 ^{ac}

Letras minúsculas representam diferenças significativas entre os terços dentro do mesmo grupo em coluna. Não houve diferença estatística entre os preparos R40 e HEDM 50.03 dentro do mesmo grupo. Não houve diferença significativa entre os grupos.

Em relação à centralização do preparo, ambos os grupos apresentaram resultados semelhantes (Tabela 3 e Figura 1). Na comparação intragrupo, o Grupo 1 demonstrou maior centralização no terço cervical, enquanto que no Grupo 2 houve diferenças significativas entre todos os terços após a utilização do instrumento Reciproc Blue R40 na remoção do material obturador (Tabela 3).

Tabela 3 – Valores de média e desvio padrão da centralização do preparo canal radicular após a remoção do material obturador (Reciproc Blue R40) e ampliação apical (HyFlex EDM 50.03) avaliados por terços.

	Reciproc Blue		Reciproc Blue + solvente	
	R40	HEDM 50.03	R40	HEDM 50.03
TERÇO APICAL	0,00 ± 0,00 ^a	0,06 ± 0,12 ^a	0,16 ± 0,34 ^a	0,18 ± 0,31
TERÇO MÉDIO	0,19 ± 0,30 ^a	0,19 ± 0,21 ^{ab}	0,26 ± 0,40 ^{ab}	0,28 ± 0,40
TERÇO CERVICAL	0,34 ± 0,45 ^b	0,48 ± 0,37 ^b	0,31 ± 0,26 ^{ac}	0,29 ± 0,30

Letras minúsculas representam diferenças significativas entre os terços dentro do mesmo grupo em coluna. Não houve diferença estatística entre os preparos R40 e HEDM 50.03 dentro do mesmo grupo. Não houve diferença significativa entre os grupos.

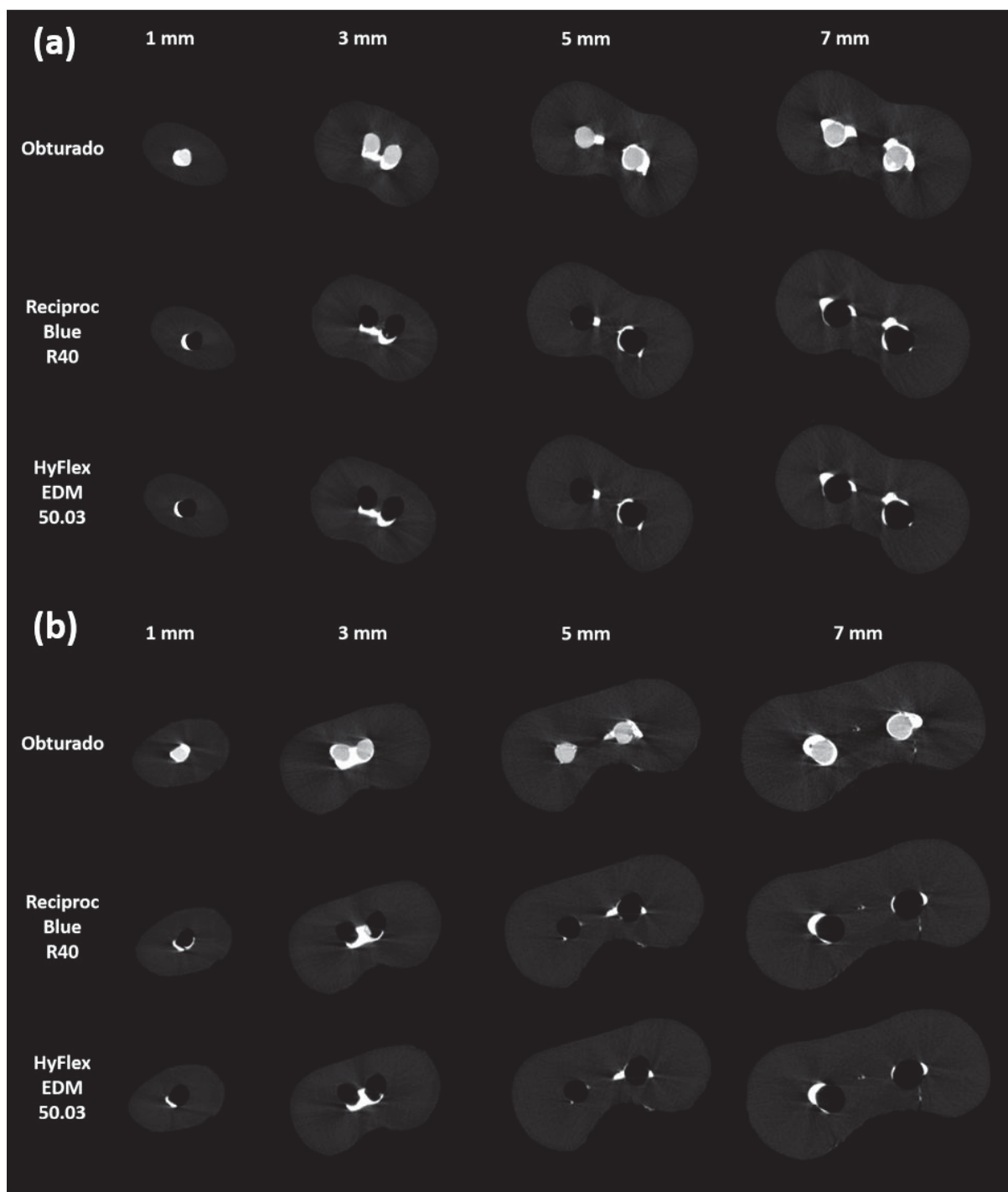


Figura 1 – Imagem representativa dos cortes axiais nos segmentos de 1, 3, 5 e 7 mm aquém do vértice apical dos canais radiculares obturados, após a remoção do material obturador com o instrumento Reciproc Blue R40 e após a dilatação dos canais radiculares com o instrumento HyFlex EDM 50.03. O grupo (a) representa o grupo 1 (Reciproc Blue) e o grupo (b) representa o grupo 2 (Reciproc Blue + solvente).

5.6 DISCUSSÃO

Este estudo fornece dados relevantes ao comparar a eficácia do retratamento de canais radiculares em forma de “S” de raízes mesiais de molares inferiores, com e sem o uso do solvente à base de óleo de laranja, além de avaliar o impacto da ampliação apical na limpeza do canal radicular após o retratamento. A análise do remanescente de material obturador, bem como da capacidade de transporte e centralização dos canais radiculares após a remoção do material obturador com o sistema Reciproc Blue R40, não evidenciou diferenças significativas relacionadas ao uso do solvente à base de óleo de laranja, corroborando com estudos realizados em raízes mesiais curvas de molares inferiores (Barreto et al., 2016; Campello et al., 2019). Esses resultados indicam que o uso do solvente à base de óleo de laranja não proporcionou melhorias no desempenho da remoção do material obturador, tampouco na preservação da estrutura dentinária, confirmando, assim, a primeira hipótese nula. Adicionalmente, o uso de um solvente de guta-percha pode implicar em potenciais complicações, como a formação de uma película de guta-percha amolecida, a qual pode aderir a áreas previamente limpas do canal radicular, dificultando o retratamento endodôntico (Takanashi et al., 2009; Betti et al., 2010).

Cabe destacar que dois acidentes ocorreram no grupo em que não foi utilizado o solvente à base de óleo de laranja. Contudo, não foi identificada qualquer correlação direta com os parâmetros metodológicos avaliados neste estudo. A fratura de instrumentos mecanizados de NiTi durante o retratamento de canais radiculares com anatomia complexa já foi relatada na literatura, com incidência variando de aproximadamente 10% (Rödig et al., 2012) a 30% (Chatchawanwirote et al., 2022) dos instrumentos utilizados na ausência de um solvente de guta-percha. O uso do solvente à base de óleo de laranja pode ter promovido a maleabilização da guta-percha nas regiões finais do terço cervical e médio, onde há maior acúmulo do material obturador, potencialmente reduzindo a resistência oferecida ao avanço do instrumento. Dessa forma, a utilização de um solvente de guta-percha pode ser vantajosa no retratamento de canais radiculares com curvaturas duplas acentuadas, ao possibilitar a redução do estresse mecânico sobre os instrumentos, os quais já estão sujeitos a significativa fadiga devido à complexidade anatômica desses canais radiculares (Peters, 2004; La Rosa et al., 2023).

A análise do remanescente de material obturador, bem como da capacidade de transporte e centralização dos canais radiculares após a ampliação apical com o instrumento HyFlex EDM 50.03, revelou uma redução significativa do material obturador remanescente, sem evidência de danos à anatomia do canal radicular, confirmando a segunda hipótese nula.

A presença da dupla curvatura nos canais radiculares representa um desafio significativo ao tratamento endodôntico. No entanto, evidências da literatura contemporânea indicam que é possível realizar uma ampliação apical mais abrangente de forma segura nesses casos, com o objetivo de otimizar a limpeza intracanal, promovendo maior contato com as paredes do canal radicular e favorecendo o fluxo da solução irrigadora (Leal et al., 2025). Mesmo com um tratamento endodôntico primário bem conduzido, falhas ainda podem ocorrer, geralmente associadas à persistência de microrganismos em áreas de difícil acesso (Siqueira, 2001). Atualmente, a remoção mecânica do material obturador em canais com dupla curvatura limita-se à dilatação com instrumentos de NiTi. Métodos complementares, como a ativação ultrassônica ou técnicas de irrigação aprimoradas, são amplamente utilizados para potencializar a limpeza do sistema de canais radiculares (Boutsioukis e Arias-Moliz, 2022). Contudo, a anatomia complexa desses canais, pode restringir o acesso efetivo desses sistemas já na região de terço médio, e principalmente na região apical, além de aumentar o risco de transporte do canal, comprometendo o sucesso do retratamento endodôntico.

Neste estudo, observou-se um maior percentual de material obturador remanescente na região apical, o que está de acordo com pesquisas realizadas em raízes mesiais de molares inferiores com curvaturas acentuadas (Alves et al., 2016; Copelli et al., 2025). Este achado era esperado, considerando-se a elevada complexidade anatômica do terço apical, caracterizada por múltiplas ramificações, que dificultam o acesso de instrumentos e irrigantes (Nair, 2006). Além disso, foi identificado um percentual expressivo de material remanescente ao longo de todo o canal radicular, o que é compreensível em canais radiculares com dupla curvatura, morfologia achatada e presença de istmos, onde instrumentos com design circunferencial não conseguem alcançar todas as superfícies internas do canal radicular (Rechenberg e Paqué, 2013; Barreto et al., 2016).

Embora o uso do instrumento HyFlex EDM 50.03 tenha promovido uma redução significativa do material obturador remanescente, seu design, com maior

diâmetro apenas nos 4 mm apicais em comparação ao Reciproc Blue R40, justifica os valores ainda elevados de resíduos de material obturador. Estudos anteriores relataram que, mesmo com dilatações apicais até o diâmetro 50, a remoção completa do material obturador em canais curvos não é alcançada (Pinto et al., 2024). Clinicamente, essas áreas não limpas podem atuar como reservatórios de bactérias, o que representa uma limitação crítica à eficácia do retratamento, podendo levar à infecção persistente e ao insucesso terapêutico (Siqueira, 2001).

Quanto ao transporte e à centralização dos canais radiculares, ambos os grupos apresentaram comportamentos semelhantes. Os baixos índices de centralização observados sugerem que os instrumentos desviaram do centro da massa obturadora durante o retratamento. Isso pode ser explicado pela influência prévia da curvatura dupla no preparo inicial do canal radicular, fator que naturalmente dificulta a centralização do preparo. No retratamento, essa dificuldade é potencializada pela presença do material obturador, o que pode justificar os resultados obtidos. Na prática clínica, em casos onde a obturação inicial foi falha, seja por má qualidade técnica ou infiltração, existe a possibilidade de um melhor desempenho dos instrumentos quanto à centralização do preparo.

A ampliação do canal radicular com o instrumento HyFlex EDM 50.03 não comprometeu significativamente o transporte ou a centralização do preparo, o que pode ser atribuído à sua alta flexibilidade e capacidade de adaptação às curvaturas complexas (Özyürek e Demiryürek, 2016). Entretanto, estudos futuros são necessários para investigar o desempenho de instrumentos com ligas de NiTi mais rígidas e menores conicidades na ampliação apical no retratamento de canais radiculares em forma de “S”.

Um dos principais pontos fortes deste estudo foi a utilização de dentes humanos com canais radiculares em forma de “S”, o que permite uma simulação clínica mais fiel e fortalece a aplicabilidade dos achados (Hülsmann et al., 2005). Ao contrário dos canais simulados em blocos de resina, que não replicam com precisão as complexidades anatômicas e apresentam dureza inferior à da dentina, os dentes naturais oferecem maior realismo e evitam problemas como aquecimento da estrutura durante o uso de instrumentos mecanizados, os quais aumentam as chances de transporte do canal radicular e a fratura dos instrumentos (Zhang et al., 2008; Villas-Bôas et al., 2011; Biasillo et al., 2022). Apesar das dificuldades associadas à seleção das amostras, os canais radiculares foram emparelhados

anatomicamente após o tratamento endodôntico, o que foi confirmado pela análise do volume de material obturador e pelos ângulos das primeiras e segundas curvaturas. Adicionalmente, destaca-se como ponto forte a ampliação inicial do tratamento endodôntico até o diâmetro apical 40.04, em conformidade com as recomendações atuais (Leal et al., 2025). Até o momento, não há relatos na literatura avaliando o retratamento endodôntico em canais radiculares com anatomia em forma de “S” de molares inferiores com maiores dilatações apicais.

Apesar do número reduzido de amostras representar uma limitação, justificada pela complexidade anatômica e pela dificuldade de pareamento, a seleção rigorosa das amostras permitiu controlar variáveis de confusão, assegurando a validade dos resultados. Outra limitação foi a ausência de protocolos complementares de limpeza após o retratamento. A anatomia do canal radicular em forma de “S” restringe a aplicação de técnicas auxiliares comumente empregadas (Matoso et al., 2022). O uso de limas manuais Hedström, embora sugerido em estudos prévios em anatomias complexas (Yürüker et al., 2016; Silva et al., 2020), pode causar desgaste excessivo da dentina e favorecer o transporte do canal.

Dessa forma, estudos futuros devem investigar a eficácia de sistemas de ativação de irrigação adaptados a canais com essa anatomia complexa, bem como sua capacidade de remover o material obturador remanescente. Além disso, são necessários estudos clínicos que avaliem o prognóstico real do retratamento de dentes com canais radiculares em forma de “S”.

5.7 CONCLUSÕES

O uso do solvente à base de óleo de laranja não influenciou na remoção do material obturador e não minimizou os efeitos do transporte e centralização em canais radiculares mesiais em forma de “S” de molares inferiores. A ampliação apical dos canais radiculares com o instrumento HyFlex EDM 50.03 potencializou a remoção do material obturador com segurança, no entanto, não foi possível remover todo o material obturador dos canais radiculares.

5.8 REFERÊNCIAS

- Alves FR, Marceliano-Alves MF, Sousa JC, Silveira SB, Provenzano JC, Siqueira JF (2016) Removal of root canal fillings in curved canals using either reciprocating single- or rotary multiinstrument systems and a supplementary step with the XP-Endo finisher. *Journal of Endodontics* **42**, 1114–1119.
- Aminsobhani M, Razmi H, Hamidzadeh F, Rezaei Avval A (2022) Evaluation of the antibacterial effect of xylene, chloroform, eucalyptol, and orange oil on *Enterococcus faecalis* in nonsurgical root canal retreatment: an ex vivo study. *BioMed Research International* **8**, 176–172.
- Barreto MS, Rosa RA, Santini MF, Cavenago BC, Duarte MA, Bier CA, Só MV (2016) Efficacy of ultrasonic activation of NaOCl and orange oil in removing filling material from mesial canals of mandibular molars with and without isthmus. *Journal of Applied Oral Science* **24**(1), 37–44.
- Beasley RT, Williamson AE, Justman BC, Qian F (2013) Time required to remove GuttaCore, Thermafil Plus, and thermoplasticized gutta-percha from moderately curved root canals with ProTaper files. *Journal of Endodontics* **39**, 125–128.
- Betti LV, Bramante CM, de Moraes IG, Bernardineli N, Garcia RB (2010) Comparison of GPX with or without solvent and hand files in removing filling materials from root canals—an ex vivo study. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics* **110**, 675–680.
- Biasillo V, Castagnola R, Colangeli M et al. (2022) Comparison of shaping ability of the Reciproc Blue and One Curve with or without glide path in simulated S-shaped root canals. *Restoration of Dental Endodontics* **47**, e3.
- Boutsioukis C, Arias-Moliz MT (2022) Present status and future directions—irrigants and irrigation methods. *International Endodontic Journal* **55**(Suppl 3), 588–612.
- Campello AF, Almeida BM, Franzoni MA, Alves FRF, Marceliano-Alves MF, Rôças IN, Siqueira JF Jr, Provenzano JC (2019) Influence of solvent and a supplementary step with a finishing instrument on filling material removal from canals connected by an isthmus. *International Endodontic Journal* **52**, 716–724.

Çanakçı BC, Er O, Dincer A (2015) Do the sealer solvents used affect apically extruded debris in retreatment? *Journal of Endodontics* **41**, 1507–1509.

Chatchawanwirote Y, Yanpiset K, Jantararat J (2022) Effect of solvent on root canal filling material removal by two different rotary file systems in C-shaped root canals. *Australian Endodontic Journal* **48**, 487–493.

Copelli FA, Oda LY, Leal RMS, Rodrigues CT, Duarte MAH, Cavenago BC (2025) Influence of the filling technique on endodontic retreatment in curved mesial canals of mandibular molars – an in vitro study. *Journal of Endodontics*, in press.

Crozeta BM, Silva-Sousa YT, Leoni GB, Mazzi-Chaves JF, Fantinato T, Baratto-Filho F, Sousa-Neto MD (2016) Micro-computed tomography study of filling material removal from oval-shaped canals by using rotary, reciprocating, and adaptive motion systems. *Journal of Endodontics* **42**, 793–797.

Da Rosa RA, Santini MF, Cavenago BC, Pereira JR, Duarte MA, Só MV (2015) Micro-CT evaluation of root filling removal after three stages of retreatment procedure. *Brazilian Dental Journal* **26**, 612–618.

De-Deus G, Silva EJ, Vieira VT, Belladonna FG, Elias CN, Plotino G, Grande NM (2017) Blue thermomechanical treatment optimizes fatigue resistance and flexibility of the Reciproc files. *Journal of Endodontics* **43**, 462–466.

Dincer A, Er O, Canakci B (2015) Evaluation of apically extruded debris during root canal retreatment with several NiTi systems. *International Endodontic Journal* **48**, 1194–1198.

Dotto L, Sarkis-Onofre R, Bacchi A, Pereira GKR (2021) The use of solvents for gutta-percha dissolution/removal during endodontic retreatments: A scoping review. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials* **109**, 890–901.

Fan B, Pan Y, Gao Y, Fang F, Wu Q, Gutmann JL (2010) Three-dimensional morphologic analysis of isthmuses in the mesial roots of mandibular molars. *Journal of Endodontics* **36**, 1866–1869.

Hansen MG (1998) Relative efficiency of solvents used in endodontics. *Journal of Endodontics* **24**, 38–40.

Hülsmann M, Peters OA, Dummer P (2005) Mechanical preparation of root canals: shaping goals, techniques and means. *Endodontic Topics* **10**, 30–76.

Karataş E, Kol E, Bayrakdar İŞ, Arslan H (2016) The effect of chloroform, orange oil and eucalyptol on root canal transportation in endodontic retreatment. *Australian Endodontic Journal* **42**, 37–40.

Keskin C, Sariyilmaz E, Sariyilmaz O (2017) Effect of solvents on apically extruded debris and irrigant during root canal retreatment using reciprocating instruments. *International Endodontic Journal* **50**, 1084–1088.

La Rosa GRM, Leotta ML, Canova FS, et al. (2023) Cyclic fatigue resistance of different nickel-titanium instruments in single and double curvature at room and body temperatures: a laboratory study. *Australian Endodontic Journal* **49**, 592–598.

Leal RMS, Silva EJNL, Campos MCBP, Rodrigues CT, Duarte MAH, Cavenago BC (2025) Shaping ability of rotary NiTi systems in S-shaped root canals of mandibular molars. *Australian Endodontic Journal*, **51**(1):133-141.

López-Valverde I, Vignoletti F, Vignoletti G, Martin C, Sanz M (2023) Long-term tooth survival and success following primary root canal treatment: a 5- to 37-year retrospective observation. *Clinical Oral Investigations* **27**, 3233–3244.

Matoso FB, Quintana RM, Jardine AP, Delai D, Fontanella VRC, Grazziotin-Soares R, Kopper PMP (2022) XP-Endo Finisher-R and PUI as supplementary methods to remove root filling materials from curved canals. *Brazilian Oral Research* **36**, e053.

Nair PNR (2006) On the causes of persistent apical periodontitis: a review. *International Endodontic Journal* **39**, 249–281.

Özyürek T, Demiryürek EÖ (2016) Efficacy of different nickel-titanium instruments in removing gutta-percha during root canal retreatment. *Journal of Endodontics* **42**, 646–649.

Patel SR, Jarad F, Moawad E, Boland A, Greenhalgh J, Liu M, Maden M (2024) The tooth survival of non-surgical root-filled posterior teeth and the associated prognostic tooth-related factors: A systematic review and meta-analysis. *International Endodontic Journal* **57**, 1404–1421.

Peters OA (2004) Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *Journal of Endodontics* **30**, 559–567.

Pinto JC, Torres FFE, Santos-Junior AO, Tavares KIMC, Guerreiro-Tanomaru JM, Tanomaru-Filho M (2024) Influence of sealer and supplementary approach on filling material removal during endodontic retreatment. *Brazilian Oral Research* **38**, e022.

Pivoto-João MMB, Tanomaru-Filho M, Pinto JC, Espir CG, Guerreiro-Tanomaru JM (2020) Root canal preparation and enlargement using thermally treated nickel-titanium rotary systems in curved canals. *Journal of Endodontics* **46**, 1758–1765.

Rechenberg DK, Paqué F (2013) Impact of cross-sectional root canal shape on filled canal volume and remaining root filling material after retreatment. *International Endodontic Journal* **46**(6), 547–555.

Rehman K, Khan FR, Aman N (2013) Comparison of orange oil and chloroform as gutta-percha solvents in endodontic retreatment. *Journal of Contemporary Dental Practice* **14**, 478–482.

Ricucci D, Siqueira JF Jr (2010) Fate of the tissue in lateral canals and apical ramifications in response to pathologic conditions and treatment procedures. *Journal of Endodontics* **36**, 1–15.

Ricucci D, Siqueira JF Jr, Bate AL (2009) Histologic investigation of root canal-treated teeth with apical periodontitis: a retrospective study from twenty-four patients. *Journal of Endodontics* **35**, 493–502.

Rödig T, Hausdörfer T, Konietzschke F, Dullin C, Hahn W, Hülsmann M (2012) Efficacy of D-RaCe and ProTaper Universal Retreatment NiTi instruments and hand files in removing gutta-percha from curved root canals – a micro-computed tomography study. *International Endodontic Journal* **45**, 580–589.

Rodrigues RCV, Zandi H, Kristoffersen AK, Enersen M, Mdala I, Ørstavik D, Rôças IN, Siqueira JF Jr (2017) Influence of the apical preparation size and the irrigant type on bacterial reduction in root canal-treated teeth with apical periodontitis. *Journal of Endodontics* **43**, 1058–1063.

Romeiro K, de Almeida A, Cassimiro M, Gominho L, Dantas E, Chagas N (2020) Reciproc and Reciproc Blue in the removal of bioceramic and resin-based sealers in retreatment procedures. *Clinical Oral Investigations* **24**, 405–416.

Sapana S, Arya A, Nandanwar A, Nagar R, Roy P, Tekam D (2024) Comparison of retreatability of AH Plus sealer and bioceramic sealer with solvent, retreatment files and diode laser: a CBCT and SEM analysis. *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences* **16**(Suppl 4), S3528–S3530.

Scelza MF, Coil JM, Maciel AC, Oliveira LR, Scelza P (2008) Comparative SEM evaluation of three solvents used in endodontic retreatment: an ex vivo study. *Journal of Applied Oral Science* **16**, 24–29.

Schäfer E, Diez C, Hoppe W, Tepel J (2002) Roentgenographic investigation of frequency and degree of canal curvatures in human permanent teeth. *Journal of Endodontics* **28**, 211–216.

Silva EJNL, Sa L, Belladonna FG, Neves AA, Accorsi-Mendonca T, Vieira VT (2014) Reciprocating versus rotary systems for root filling removal: assessment of the apically extruded material. *Journal of Endodontics* **40**, 2077–2080.

Silva PA, Alcalde MP, Vivan RR, Duarte MAH (2020) Comparison of the Self-Adjusting File and Hedström file used as supplementary instruments for the remaining filling material removal during retreatment of C-shaped canals: a micro-CT study. *European Endodontic Journal* **5**(2), 112–117.

Silveira SB, Alves FRF, Marceliano-Alves MF, et al. (2018) Removal of root canal fillings in curved canals using either MANI GPR or HyFlex NT followed by passive ultrasonic irrigation. *Journal of Endodontics* **44**, 299–303.e1.

Siqueira JF Jr (2001) Aetiology of root canal treatment failure: why well-treated teeth can fail. *International Endodontic Journal* **34**, 1–10.

Takahashi CM, Cunha RS, de Martin AS, Fontana CE, Silveira CF, da Silveira Bueno CE (2009) In vitro evaluation of the effectiveness of ProTaper universal rotary retreatment system for gutta-percha removal with or without a solvent. *Journal of Endodontics* **35**, 1580–1583.

Torabinejad M, Corr R, Handysides R, Shabahang S (2009) Outcomes of nonsurgical retreatment and endodontic surgery: a systematic review. *Journal of Endodontics* **35**, 930–937.

Valerio L, Oda LY, Copelli FA, Rodrigues CT, Carneiro E, Duarte MAH, Cavenago BC (2024) Effect of the filling technique on the filling removal from oval-shaped canals. *Clinical Oral Investigations* **28**, 453.

Vera J, Siqueira JF Jr, Ricucci D, Loghin S, Fernández N, Flores B, Cruz AG (2012) One- versus two-visit endodontic treatment of teeth with apical periodontitis: a histobacteriologic study. *Journal of Endodontics* **38**, 1040–1042.

Villas-Bôas MH, Bernardineli N, Cavenago BC et al. (2011) Micro-computed tomography study of the internal anatomy of mesial root canals of mandibular molars. *Journal of Endodontics* **37**, 1682–1686.

von Arx T (2005) Frequency and type of canal isthmuses in first molars detected by endoscopic inspection during periradicular surgery. *International Endodontic Journal* **38**, 160–168.

Wang Z, Shen Y, Haapasalo M (2013) Effect of smear layer against disinfection protocols on *Enterococcus faecalis*-infected dentin. *Journal of Endodontics* **39**, 1395–1400.

Yürüker S, Görduysus M, Küçükkaya S, Uzunoğlu E, İlgin C, Gülen O, Tuncel B, Görduysus MÖ (2016) Efficacy of combined use of different nickel-titanium files on removing root canal filling materials. *Journal of Endodontics* **42**(3), 487–492.

Zaccaro Scelza MF Lima, Oliveira LR, Carvalho FB, Côte-Real Faria S (2006) In vitro evaluation of macrophage viability after incubation in orange oil, eucalyptol, and chloroform. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology* **102**, e24–e27.

Zhang L, Luo HX, Zhou XD, Tan H, Huang DM (2008) The shaping effect of the combination of two rotary nickel-titanium instruments in simulated S-shaped canals. *Journal of Endodontics* **34**, 456–458.

6 ARTIGO 4

*Versão em português do artigo para submissão no jornal International Endodontic Journal

6.1 TÍTULO

TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA DE CONTAGEM DE FÓTONS PARA DIAGNÓSTICO DE FRATURAS RADICULARES VERTICAIS EM DENTES COM PINOS METÁLICOS: UMA ANÁLISE COMPARATIVA COM QUATRO APARELHOS DE TCFC.

6.2 RESUMO

Objetivo: A tomografia computadorizada de contagem de fótons (TCCF) representa um grande avanço tecnológico em relação aos detectores de raios X. Este estudo teve como objetivo avaliar o desempenho diagnóstico da TCCF na detecção de fraturas radiculares verticais (FRV), em comparação com quatro diferentes aparelhos de TCFC.

Metodologia: Dezoito dentes de raiz única foram preparados endodonticamente, e a FRV foi induzida em oito deles. Cada dente foi colocado individualmente em um alvéolo vazio de um *phantom* antropomórfico, e escaneados em 3 condições: sem pino metálico, com um pino metálico de Níquel-Cromo (Ni-Cr) e com um pino metálico de Cromo-Cobalto (Cr-Co), em cinco aparelhos de tomografia computadorizada: o TCCF NAEOTOM Alpha e quatro aparelhos de TCFC (3D Accuitomo 170 – J. Morita, Veraview X800 – J. Morita, NewTom VGi evo - NewTom e Carestream 9600 - Carestream). Foi utilizado o protocolo de aquisição de mais alta resolução disponível para cada aparelho, resultando em um total de 270 exames. Cinco radiologistas experientes avaliaram as imagens. A precisão do diagnóstico foi avaliada calculando-se a área sob a curva ROC (AUC), a sensibilidade e a especificidade, com comparações realizadas utilizando ANOVA multidirecional ($\alpha=0,05$).

Resultados: Os aparelhos NewTom VGi e TCCF apresentaram valores de acurácia significativamente mais altos em comparação ao Veraview X800 ($p < 0,05$). Os

aparelhos CS9600 e TCCF apresentaram valores de sensibilidade significativamente mais altos em comparação aos aparelhos 3D Accuitomo e Veraview X800 no diagnóstico de FRV com pino metálico de Ni-Cr ($p < 0,05$). Com o pino metálico de Cr-Co, os aparelhos NewTom VGi, CS9600 e TCCF apresentaram valores de sensibilidade significativamente mais altos do que o aparelho Veraview X800 ($p < 0,05$).

Conclusões: O aparelho de TCCF NEAOTOM Alpha apresentou excelente desempenho no diagnóstico das FRV, com resultados de precisão e sensibilidade semelhantes aos tomógrafos 3D Accuitomo 170, NewTom VGi evo e CS9600, e resultados significativamente melhores quando comparado ao tomógrafo Veraview X800. Assim, quando as varreduras de TCCF forem obtidas por outros motivos clínicos, elas também podem ser utilizadas para diagnosticar a FRV, possivelmente eliminando a necessidade de um exame adicional de TCFC, reduzindo a exposição desnecessária do paciente à radiação.

6.3 INTRODUÇÃO

Durante o tratamento ou retratamento endodôntico, a remoção excessiva de dentina saudável, a exposição prolongada a soluções irrigadoras ou medicações intracanaís, forças excessivas durante a obturação, ou restaurações finais inadequadas podem comprometer a integridade da estrutura do dente, podendo resultar em trincas ou fraturas radiculares verticais (FRV) (Adorno et al., 2013; Lertchirakarn et al., 2003; Patel et al., 2022; Shemesh et al., 2011; Silva et al., 2020).

Uma FRV é uma fratura longitudinal que envolve o cimento e a dentina, geralmente se estendendo ao longo eixo da raiz em direção ao ápice (Freitas et al., 2019; Patel et al., 2022). As radiografias periapicais geralmente não revelam a fratura devido à sobreposição de estruturas anatômicas circundantes e por nem sempre ocorrer a separação de fragmentos (Hassan et al., 2009; Pradeepkumar et al., 2016). Além disso, os sinais e sintomas clínicos geralmente são inespecíficos, resultando frequentemente em um diagnóstico inconclusivo (Gaêta-araujo et al., 2017; Patel et al., 2022; Zhang et al., 2019).

A tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) é uma importante alternativa para auxiliar no diagnóstico da FRV, pois fornece uma imagem

tridimensional sem sobreposição de estruturas anatômicas vistas em radiografias bidimensionais (Liao et al., 2017; Scarfe et al., 2012). No entanto, a TCFC apresenta limitações notáveis, especialmente na presença de materiais metálicos de alta densidade. Esses materiais, como os pinos metálicos intra-radulares, podem gerar artefatos de endurecimento do feixe que prejudicam a qualidade da imagem, obscurecendo ou imitando linhas de fratura (Zhang et al., 2019). Esses artefatos normalmente aparecem como estrias hiperdensas ou bandas hipodensas, causadas pela atenuação diferencial do feixe de raios X à medida que ele passa por materiais densos (Chang et al., 2016; Fontenele et al., 2018; Queiroz et al., 2018). Apesar dessas limitações, a TCFC de alta resolução continua sendo a modalidade de imagem clínica com a maior precisão diagnóstica para a FRV (Salineiro et al., 2017). Mesmo quando a linha de fratura em si não é claramente visível, a TCFC permite a detecção de padrões característicos de perda óssea perirradicular que são considerados patognomônicos para a FRV (Arkhipova et al., 2024; Byakova et al., 2019; Patel et al., 2022).

A tomografia computadorizada por contagem de fótons (TCCF), introduzida no mercado em 2021, utiliza detectores de raios X de nova geração que convertem diretamente os fótons de raios X em um sinal elétrico, ignorando a necessidade de conversão em luz visível (Al-haj et al., 2025; Fontenele et al., 2023; Tortora et al., 2022; Willemink et al., 2018). Essa tecnologia oferece uma resolução espacial de até 200 μm , resolução de contraste aprimorada e ruído eletrônico reduzido. Outras vantagens da TCCF incluem a possibilidade de reduzir a exposição à radiação em comparação com a tomografia computadorizada multidetectores, tempos de varredura mais curtos e reconstrução de imagens de alta resolução com contraste aprimorado entre tecidos duros e moles, principalmente quando comparada à TCFC (Al-haj et al., 2025; Fontenele et al., 2023; Tortora et al., 2022; Willemink et al., 2018). Estudos relataram o desempenho ideal da TCCF em tarefas de diagnóstico odontológico quando comparada à TCFC de alta resolução (Ruetters et al., 2022; Vanden broeke et al., 2021), incluindo a detecção de estruturas endodônticas finas e trincas radulares (Fontenele et al., 2023). No entanto, apesar de seu excelente desempenho, atualmente não há dados na literatura sobre o uso da TCCF para diagnosticar a FRV em dentes com pinos metálicos, um cenário clínico caracterizado por uma alta expressão de artefatos.

Devido à dificuldade de diagnosticar a FRV em imagens de TCFC com um pino metálico intracanal, e dado o potencial da TCCF para o diagnóstico, este estudo teve como objetivo comparar a precisão da TCCF e da TCFC para diagnosticar a FRV com um pino metálico intracanal. A hipótese nula foi a de que os aparelhos de TCCF e TCFC não diferem em sua capacidade de diagnosticar a FRV na presença de pinos metálicos intracanaís.

6.4 MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética Local, UZ/KU Leuven, Bélgica (número do protocolo: NH019 2019-09-03) e conduzido em conformidade com a Declaração de Helsinque da Associação Médica Mundial sobre pesquisa médica.

Seleção e preparo da amostra

Dezoito dentes humanos unirradiculados recém-extraídos devido a condições periodontais, foram selecionados de acordo com os critérios de inclusão: rizogênese completa, ausência de tratamento endodôntico prévio ou reabsorções interna e externa. Os dentes foram limpos, enxaguados em solução salina e armazenados em uma solução de timol a 0,1% por até 30 dias antes do experimento. Foram confeccionados 2 diferentes pinos metálicos intra-radulares, sendo um de Níquel-Cromo (Ni-Cr) e um de Cromo-Cobalto (Cr-Co).

As coroas das amostras foram removidas na junção cimento-esmalte utilizando um disco diamantado em um cortador de precisão de baixa velocidade Isomet (Isomet 1000, Buehler Ltd., Lake Bluff, EUA), para eliminar a possível produção de artefatos induzidos pelo esmalte. O comprimento de trabalho (CT) foi determinado individualmente em cada um dos dentes, introduzindo uma lima K #10 até a visualização da sua ponta através do forame apical, e reduzindo 1 mm dessa medida. Todos os canais radulares foram preparados endodonticamente com um instrumento de diâmetro e conicidade 40.04 (VDW.Rotate, VDW, Munique, Alemanha), adaptados em um motor X-Smart Plus (Dentsply Sirona, Ballaigues, Suíça), em movimento contínuo até o CT. Durante o preparo, os canais radulares foram irrigados com hipoclorito de sódio a 2,5% (NaOCl) (Asfer, São Caetano do Sul, Brasil), utilizando uma seringa descartável de 5mL (BD, Curitiba, Brasil) e uma cânula 29G NaviTip (Ultradent Inc.; South Jordan, UT, USA). Em seguida, dois

terços dos canais radiculares foram preparados para pino com uma broca Largo número 2 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça) adaptada no contra ângulo de baixa velocidade.

A amostra foi dividida em dois grupos: um grupo experimental (8 dentes) e um grupo controle (10 dentes). Os 8 dentes do grupo experimental foram fixados temporariamente em um bloco de resina acrílica. Em seguida, foram induzidas fraturas radiculares verticais (FRV) em uma máquina Instron 8802 (Instron Corporation, Canton, MA, EUA), como visto na Figura 1a. Uma ponta metálica cônica foi inserida na abertura do canal radicular e uma força foi aplicada até ocorrer a fratura, momento em que a máquina parou automaticamente (Figura 1b). As raízes foram então removidas dos blocos de resina e a presença da FRV foi confirmada por inspeção visual (Figura 1c).

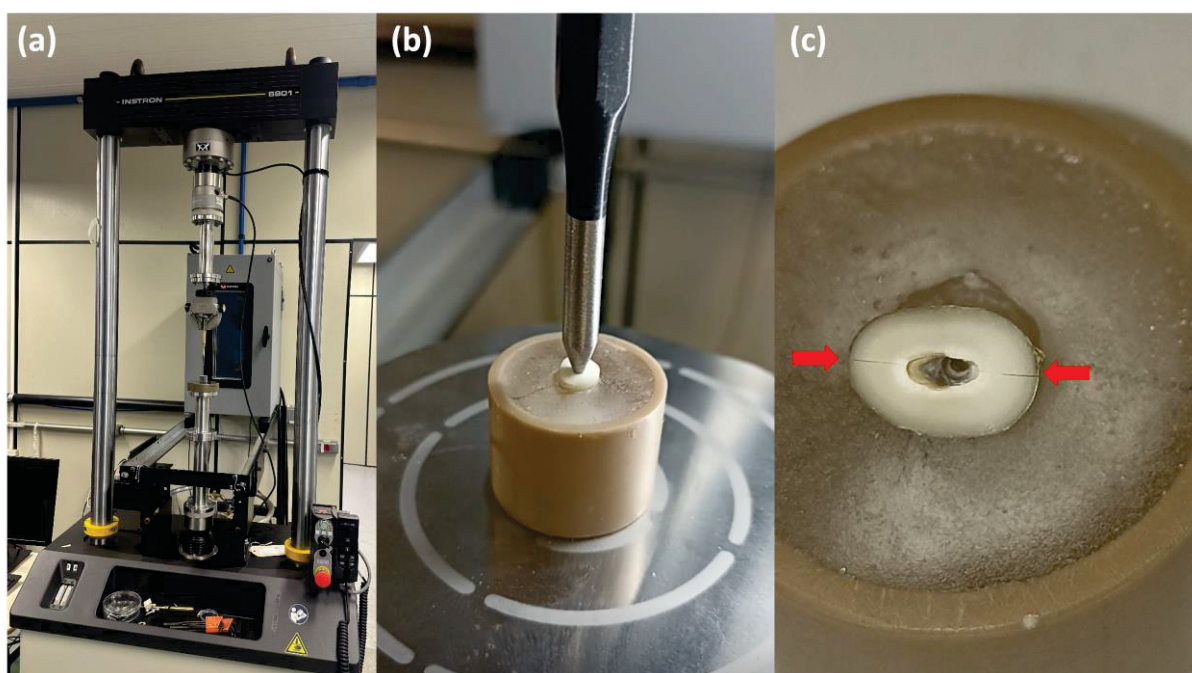


Figura 1 Indução de fratura vertical da raiz. (a) Máquina Instron 8802; (b) Ponta metálica cônica inserida na abertura do canal radicular; (c), Setas vermelhas indicando a presença da FRV.

Os dentes de ambos os grupos (controle e experimental) foram posicionados individualmente em um alvéolo edêntulo do primeiro pré-molar inferior de um *phantom* feito sob medida, composto por um crânio humano e uma mandíbula

humana adulta seca e dentada coberta com Mix D (material que simulada absorção e dispersão dos raios X nos tecidos moles) (Fontenele et al., 2023).

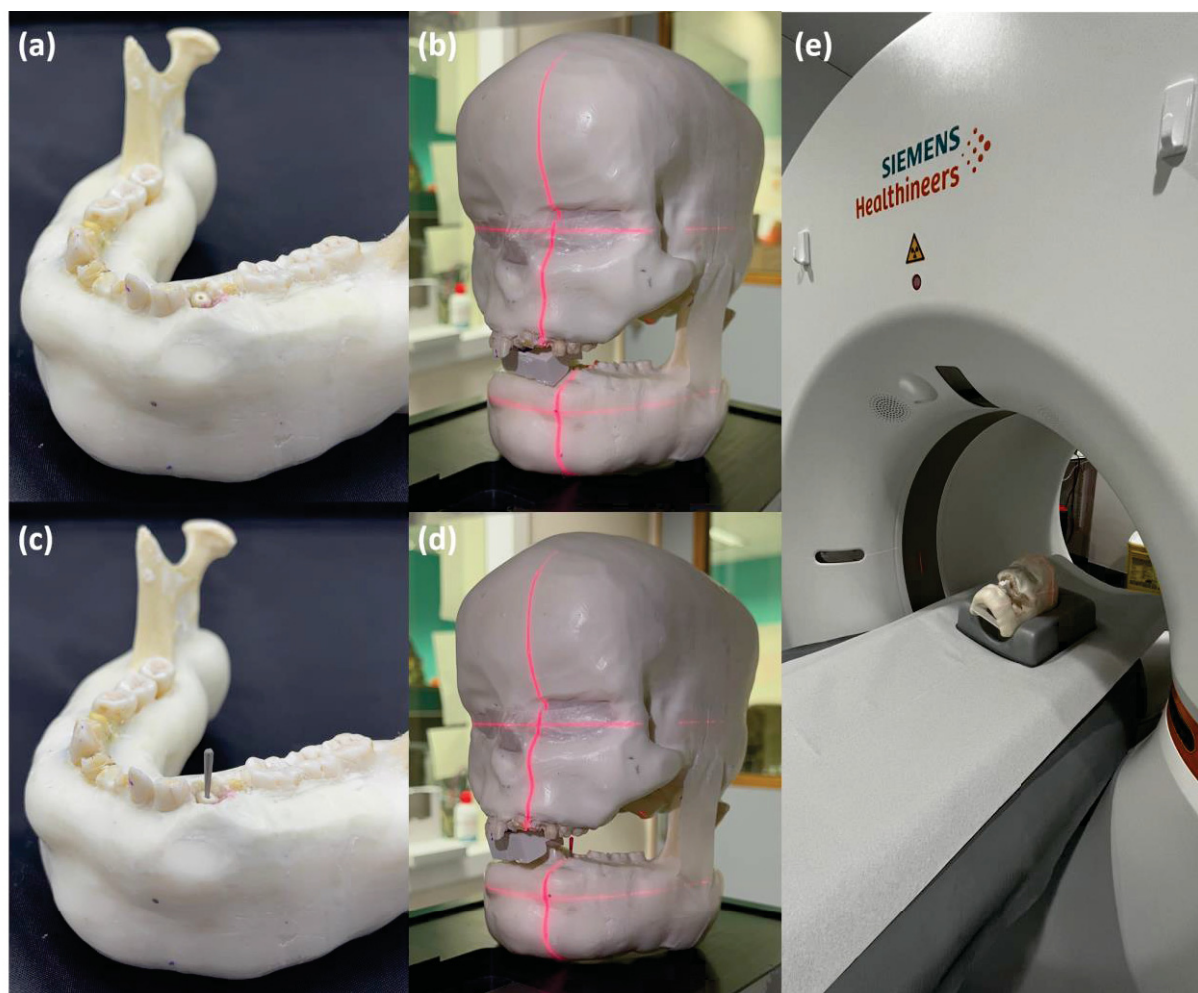


Figura 2 Mandíbula humana adulta dentada seca e coberta com Mix D com um dente posicionado em um alvéolo edêntulo de um primeiro pré-molar inferior com a ausência (a) e presença de um pino metálico intrarradicular (c). *Phanton* - Crânio com uma mandíbula humana adulta dentada seca e coberta com Mix D com um dente posicionado em um alvéolo edêntulo de um primeiro pré-molar inferior, posicionado de forma padronizada, usando linhas-guia de um equipamento de TCFC, com a ausência (b) e presença de um pino metálico intrarradicular (d). *Phanton* - Crânio com uma mandíbula humana adulta dentada seca e coberta com Mix D posicionado de forma padronizada, usando linhas-guia do equipamento de TCCF NAEOTOM Alpha de referência (e).

Aquisição de imagens

Para a aquisição de imagens, o *phanton* foi posicionado de forma padronizada, utilizando linhas-guia dos aparelhos de TCFC e TCCF de referência. A

ferramenta de reconhecimento dos aparelhos foi então utilizada para centralizar o dente no campo de visão (FOV). Os aparelhos de geração de imagens e os parâmetros de aquisição estão detalhados na Tabela 1.

Foram realizadas três aquisições por dente, nas seguintes condições:

- Grupo controle: dente sem pino metálico.
- Grupo experimental 1: dente com pino intrarradicular de Ni-Cr.
- Grupo experimental 2: dente com pino intrarradicular de Cr-Co.

Um total de 270 exames de tomografia computadorizada foram adquiridos (18 dentes x 5 aparelhos de TC x 3 condições). A Figura 3 representa as reconstruções axiais dos diferentes grupos e aparelhos avaliados.

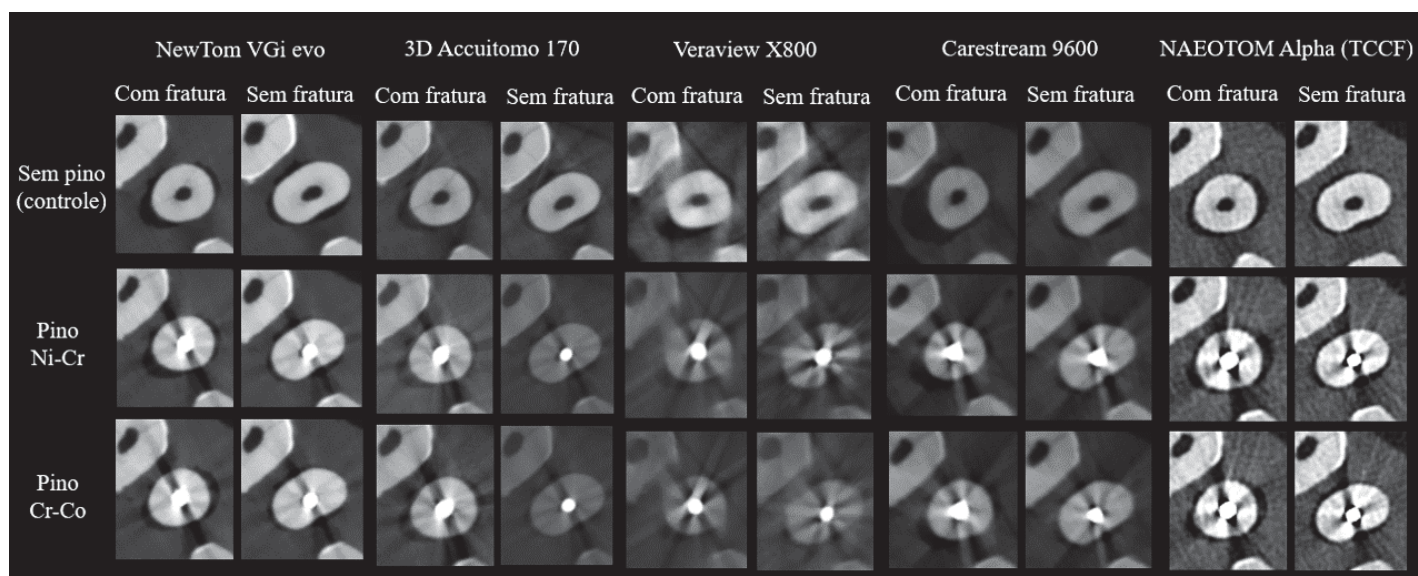


Figura 3 Representação das reconstruções axiais dos diferentes grupos e dispositivos avaliados.

Tabela 1 - Parâmetros de varredura nos diferentes aparelhos de imagem.

APARELHOS	PARÂMETROS				
	FOV (cm)	Voxel (mm)	Voltagem (kVp)	Corrente do tubo (mA)	Tempo de exposição (s)
3D Accuitomo 170	4x4	0.08	90	7.5	30.8
Veraview X800	4x4	0.08	100	7	17.9
Newton VGi evo	5x5	0.125	110	7.48	6
Carestream 9600	5x5	0.075	120	6.3	8.5
TC Contagem de Fótons (NEAOTOM Alpha)	8x8	0.2	120	15	3.84

Avaliação de imagens

Os exames foram exportados no formato Digital Imaging Communications in Medicine (DICOM) e randomizados. Cinco radiologistas orais e maxilofaciais, cada um com mais de quatro anos de experiência, avaliaram independentemente todos os exames. Os examinadores não tinham conhecimento das variáveis do estudo e foram calibrados antes da avaliação. Cada exame foi avaliado quanto à presença de FRV utilizando uma escala de 5 pontos: 1 - ausência de FRV; 2 - provável ausência de FRV; 3 - incerteza; 4 - provável presença de FRV e 5 - presença de FRV. As avaliações foram realizadas através do software RadiAnt DICOM Viewer (Medixant, Poznan, Polônia). Para minimizar a fadiga visual, os examinadores foram instruídos a avaliar um máximo de 10 exames por dia. Foram permitidos ajustes pós-processamento (por exemplo, ajustes de contraste, brilho e zoom). Um mês após a avaliação inicial, 30% da amostra (n = 81 exames) foram selecionadas aleatoriamente e reavaliadas pelos examinadores para avaliar as concordâncias intra e inter-examinadores.

Análise estatística

As concordâncias intra e inter-examinadores foram avaliadas usando o teste Kappa ponderado e interpretadas de acordo com a escala de Landis e Koch (1977).

O desempenho diagnóstico, incluindo a área sob a curva característica de operação do receptor (AUC), a sensibilidade e a especificidade para a detecção da FRV, foram calculados para cada examinador, comparando suas avaliações com o padrão ouro (presença da FRV). Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o software MedCalc Statistical (versão 20.116; MedCalc Software Ltd., Ostend, Bélgica), com um nível de significância definido em 5% ($\alpha = 0,05$).

6.5 RESULTADOS

A concordância inter-examinadores variou de leve (0.34) a substancial (0.70) e a concordância intra-examinadores variou de moderada (0.45) a substancial (0.72) (Tabela 2).

Tabela 2. Concordância intra e inter-examinadores para a detecção de fraturas radiculares verticais.

Examinador	1	2	3	4	5
1	0.51	0.53	0.51	0.51	0.36
2		0.58	0.42	0.70	0.34
3			0.45	0.44	0.53
4				0.61	0.38
5					0.78

Os valores de AUC são apresentados na Tabela 3. Independentemente do material do pino metálico utilizado, os aparelhos NewTom VGi e TCCF apresentaram valores de precisão significativamente mais altos em comparação com o aparelho Veraview X800 ($p < 0,05$). Os aparelhos 3D Accuitomo e CS9600 demonstraram desempenho intermediário, sem diferenças estatisticamente significativas em comparação com os outros aparelhos de TCFC testados.

Tabela 3. Valores médios (desvio padrão) para a área sob a curva característica de operação do receptor (AUC) de acordo com a ausência de pino metálico, presença de pino metálico de Ni-Cr e presença de pino metálico de Cr-Co.

Grupo	Aparelhos de tomografia computadorizada				
	3D Accuitomo 170 ^{AB}	Veraview X800 ^B	NewTom VGi evo ^A	CS9600 ^{AB}	TCCF ^A
Controle	0.73 (0.10)	0.53 (0.28)	0.76 (0.16)	0.70 (0.18)	0.76 (0.18)
Ni-Cr	0.52 (0.08)	0.48 (0.08)	0.71 (0.12)	0.67 (0.30)	0.64 (0.31)
Cr-Co	0.60 (0.13)	0.51 (0.09)	0.70 (0.13)	0.65 (0.22)	0.70 (0.23)

Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças estatisticamente significativas entre os aparelhos, independentemente do tipo de material do pino metálico ($p < 0,05$)

A Tabela 4 apresenta os valores de sensibilidade entre os diferentes tomógrafos para os grupos controle, Ni-Cr e Cr-Co. Não foram observadas diferenças estatisticamente significativas na sensibilidade entre os aparelhos para o diagnóstico da FRV no grupo de controle. No grupo de pino metálico de Ni-Cr, os aparelhos CS9600 e o TCCF apresentaram sensibilidade significativamente maior em comparação com os aparelhos 3D Accuitomo e Veraview X800 ($p < 0,05$). O aparelho NewTom VGi apresentou sensibilidade intermediária, que não foi significativamente diferente dos aparelhos 3D Accuitomo, CS9600 e TCCF e ($p > 0,05$), mas foi significativamente maior do que a do aparelho Veraview X800 ($p < 0,05$). Para o grupo de pino metálico de Cr-Co, os aparelhos NewTom VGi, o CS9600 e TCCF apresentaram sensibilidade significativamente maior do que o aparelho Veraview X800 ($p < 0,05$). O aparelho 3D Accuitomo demonstrou sensibilidade intermediária, sem diferenças estatisticamente significativas em comparação com os outros aparelhos de TC ($p > 0,05$).

Ao comparar os diferentes grupos (controle, Ni-Cr e Co-Cr) dentro de cada aparelho, o aparelho 3D Accuitomo apresentou valores de sensibilidade significativamente maiores nos grupos controle e Cr-Co em comparação com o grupo Ni-Cr ($p < 0,05$). No aparelho Veraview X800, o grupo controle também apresentou sensibilidade significativamente maior do que os grupos Ni-Cr e Cr-Co ($p < 0,05$). Não foram observadas diferenças significativas na sensibilidade entre os três grupos ao usar os aparelhos NewTom VGi, CS9600 ou TCCF ($p > 0,05$).

Tabela 4. Valores médios (desvio padrão) de sensibilidade de acordo com a ausência de pino metálico, presença de pino metálico de Ni-Cr e presença de pino metálico de Cr-Co.

Grupo	Aparelhos de tomografia computadorizada				
	3D Accuitomo 170	Veraview X800	NewTom VGi evo	CS9600	TCCF
Controle	0.67 (0.07) ^{Aa}	0.47 (0.25) ^{Aa}	0.75 (0.23) ^{Aa}	0.47 (0.25) ^{Aa}	0.75 (0.23) ^{Aa}
Ni-Cr	0.22 (0.16) ^{BCb}	0.10 (0.10) ^{Cb}	0.62 (0.09) ^{ABa}	0.72 (0.35) ^{Aa}	0.65 (0.27) ^{Aa}
Cr-Co	0.40 (0.24) ^{ABa}	0.10 (0.10) ^{Bb}	0.62 (0.09) ^{Aa}	0.67 (0.36) ^{Aa}	0.57 (0.30) ^{Aa}

Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças estatisticamente significativas entre os aparelhos de tomografia computadorizada dentro de cada grupo ($p < 0,05$)

Letras minúsculas diferentes indicam diferenças estatisticamente significativas entre os grupos dentro de cada aparelho de tomografia computadorizada ($p < 0,05$)

A Tabela 5 apresenta os valores de especificidade para os grupos Controle, Ni-Cr e Cr-Co nos diferentes aparelhos. Não foram observadas diferenças estatisticamente significativas na especificidade entre os aparelhos ou entre os grupos avaliados ($p > 0,05$).

Tabela 5. Valores médios (desvio padrão) de especificidade de acordo com a ausência de pino metálico, presença de pino metálico de Ni-Cr e presença de pino metálico de Cr-Co.

Grupo	Aparelhos de tomografia computadorizada				
	3D Accuitomo 170	Veraview X800	NewTom VGi evo	CS9600	TCCF
Controle	0.74 (0.27)	0.60 (0.38)	0.72 (0.30)	0.74 (0.24)	0.70 (0.30)
Ni-Cr	0.80 (0.10)	0.86 (0.11)	0.78 (0.20)	0.62 (0.33)	0.66 (0.36)
Cr-Co	0.80 (0.12)	0.92 (0.08)	0.70 (0.21)	0.60 (0.31)	0.82 (0.20)

Não houve influência estatisticamente significativa nos resultados de especificidade, independentemente do grupo ou do aparelho de tomografia testado ($p > 0,05$)

6.6 DISCUSSÃO

O presente estudo fornece informações valiosas sobre o desempenho diagnóstico do aparelho de TCCF NEAOTOM Alpha para detecção de FRV na presença de pinos metálicos, em comparação com quatro aparelhos de TCFC. O TCCF NEAOTOM Alpha apresentou bons resultados de precisão e sensibilidade no diagnóstico das FRV na presença de pinos metálicos, semelhante aos tomógrafos 3D Accuitomo 170, NewTom VGi evo e CS9600, e resultados significativamente melhores quando comparado ao tomógrafo Veraview X800. Assim, a hipótese nula foi parcialmente rejeitada.

Os artefatos produzidos por pinos metálicos em imagens de TCFC afetam negativamente o diagnóstico das FRV (Gaêta-Araujo et al., 2017; Lagos et al., 2023; Ruiz et al., 2024). Estudos recentes destacaram a capacidade de redução de artefatos do aparelho de TCCF (Vanden et al., 2021; Zanon et al., 2024), que demonstrou produzir imagens com menos artefatos na presença de implantes dentários de alto número anatômico e alta densidade em comparação com aparelhos convencionais de TCFC (Al-Haj et al., 2025). Também foi relatado que a TCCF supera os aparelhos convencionais de TCFC na detecção de osteólise apical e estruturas dentárias finas (Ruetters et al., 2022). Os achados desse nosso estudo são consistentes com esses estudos anteriores, a TCCF demonstrou alta precisão e sensibilidade no diagnóstico das FRV, mesmo na presença de diferentes pinos metálicos, em comparação com os aparelhos convencionais de TCFC.

Todos os exames foram analisados com o mesmo software de visualização, que era compatível com imagens de TCFC e TCCF convencionais. Embora a literatura relate o bom desempenho do aparelho Veraview X800 na avaliação de estruturas anatômicas finas (Pinto et al., 2021), o uso de um software não nativo para análise de imagens pode ser responsável pela menor precisão e sensibilidade observadas neste estudo, especialmente na presença de pinos metálicos. Consequentemente, esses achados devem ser interpretados com cautela em relação à sua aplicabilidade clínica, já que o Veraview X800 pode apresentar melhor desempenho quando suas imagens são analisadas utilizando seu software nativo.

O 3D Accuitomo 170, que é citado na literatura como referência para avaliação de estruturas anatômicas finas (Pinto et al., 2021; Fontenele et al., 2023), em geral apresentou resultados intermediários em termos de precisão e sensibilidade para o

diagnóstico da FRV neste estudo. No entanto, é importante observar que um estudo anterior que comparou os aparelhos 3D Accuitomo 170 e a TCCF para detectar estruturas finas, não incluiu avaliações na presença de um pino metálico, um fator que pode explicar os resultados divergentes observados em nosso estudo (Fontenele et al., 2023). Além disso, esse estudo anterior avaliou as imagens de forma estática (Fontenele et al., 2023), enquanto que no nosso presente estudo, as imagens foram avaliadas de forma dinâmica, se aproximando mais de uma situação clínica real.

No geral, os aparelhos NewTom VGi e CS9600 apresentaram valores de precisão e sensibilidade para o diagnóstico da FRV semelhantes aos do TCCF. No entanto, esses achados contrastam com a literatura anterior, em que o TCCF demonstrou desempenho superior ao do NewTom VGi na detecção de estruturas anatômicas finas (Fontenele et al., 2023). No entanto, é importante enfatizar novamente que, no estudo de Fontenele e colaboradores (2023), as estruturas avaliadas não estavam associadas à presença de pinos metálicos, um fator que pode explicar as diferenças observadas em nossos resultados.

As diferenças observadas entre os aparelhos avaliados também podem ser atribuídas às suas características distintas de aquisição e pós-processamento de imagens. A combinação dos parâmetros técnicos da TCCF como a resolução de contraste aumentada, alto SNR (relação sinal-ruído), alta velocidade de varredura e tamanho de pixel menor aumentando a resolução da imagem, pode justificar seu desempenho superior na detecção da FRV (Fontenele et al., 2023; Pinto et al., 2021). Notavelmente, se um paciente já tiver um exame de TCCF anterior, que foi realizado para outros fins clínicos, essa imagem também poderá ser utilizada para avaliar a presença de uma FRV, eliminando a necessidade de um exame adicional de TCFC para essa avaliação específica.

É importante observar que esses resultados não sugerem o uso da TCCF como substituta do exame de TCFC convencional, pois sua dose de radiação continua sendo maior. A dose de radiação da TCCF NEAOTOM Alpha é descrita em 0.85 (mSv), em comparação a 0.03 (mSv) no tomógrafo NewTom VGi e 0.04 (mSv) no tomógrafo 3D Accuitomo 170 (Fontenele et al., 2023). Além disso, a maioria dos aparelhos convencionais de TCFC demonstrou valores semelhantes de precisão e sensibilidade para o diagnóstico das FRV. Portanto, a TCCF deve ser considerada uma alternativa confiável para o diagnóstico das FRV, somente nos casos em que

um exame de TCCF já tenha sido adquirido para outros fins clínicos, e a presença de FRV precisa ser avaliada como uma preocupação secundária.

Os principais pontos fortes deste estudo incluem o uso de dentes naturais e a aplicação de um *phantom* antropomórfico coberto com Mix-D, que simulou a atenuação de raios X pelos tecidos moles do paciente. Essa abordagem reflete melhor as condições clínicas, evitando a dependência de simulações artificiais, como mandíbulas imersas em recipientes com água (Ruiz et al., 2024). Entretanto, como limitação de um estudo *in vitro*, é importante observar que os preditores clínicos das FRV, como espessamento do ligamento periodontal, defeitos ósseos e sinais e sintomas clínicos, essenciais para o diagnóstico final, não foram reproduzidos (Patel et al., 2022), os quais refletem também nos resultados da concordância inter-examinadores. Isso pode ocorrer porque o diagnóstico das FRV, em um cenário clínico real, já difícil de ser realizado com precisão, ainda mais na presença de pinos metálicos intracanais. E sem a presença dos preditores clínicos, isso se torna ainda mais difícil. No entanto, essa metodologia não seria aplicável na prática clínica, pois resultaria em exposição desnecessária à radiação, e não seria viável avaliar um único dente com FRV, com e sem pinos metálicos intracanais, em um mesmo paciente.

6.7 CONCLUSÕES

O aparelho de TCCF NEAOTOM Alpha apresentou excelente desempenho no diagnóstico das FRV, com resultados de precisão e sensibilidade semelhantes aos tomógrafos 3D Accuitomo 170, NewTom VGi evo e CS9600, e resultados significativamente melhores quando comparado ao tomógrafo Veraview X800. Portanto, quando as varreduras de TCCF forem obtidas por outros motivos clínicos, elas também podem ser utilizadas para diagnosticar a FRV, possivelmente eliminando a necessidade de um exame adicional de TCFC e, assim, reduzindo a exposição desnecessária do paciente à radiação.

6.8 REFERÊNCIAS

Adorno, C. G.; Yoshioka, T.; Jindan, P.; Kobayashi, C. (2013) The effect of endodontic procedures on apical crack initiation and propagation ex vivo. *International Endodontic Journal*, **46**(8), 763-768.

Al-Haj Husain, A., Mergen, V., Valdec, S., Al-Haj Husain, N., Stadlinger, B., Essig, H. et al. (2025) Comparison of cone-beam computed tomography with photon-counting detector computed tomography for dental implant surgery. *International Journal of Implant Dentistry*, **11**(1), 21.

Arkhipova, A., Bovanova, N., Lastovichek, D., Ramonova, A., Generalov, E., Byakova, S. (2024) Radiographic Criteria for Differential Diagnosis Between Vertical Root Fracture and Apical Periodontitis in Single-Rooted Endodontically Treated Premolars Using Cone-Beam Computed Tomography. *Journal of Endodontics*, **50**(3), 329-335.

Byakova, S.F., Novozhilova, N.E., Makeeva, I.M., Grachev, V.I., Kasatkina, I.V. (2019) The accuracy of CBCT for the detection and diagnosis of vertical root fractures in vivo. *International Endodontic Journal*, **52**(9):1255-1263.

Chang, E., Lam, E., Shah, P., Azarpazhooh, A. (2016) Cone-beam Computed Tomography for Detecting Vertical Root Fractures in Endodontically Treated Teeth: A Systematic Review. *Journal of Endodontics*, **42**(2), 177-85.

Fontenele, R. C., Nascimento, E. H., Vasconcelos, T. V., Noujeim, M., Freitas, D. Q. (2018) Magnitude of cone beam CT image artifacts related to zirconium and titanium implants: impact on image quality. *Dentomaxillofacial Radiology*, **47**(6), 20180021.

Fontenele, R. C., Picoli, F. F., Pinto, J. C., Coudyzer, W., de Faria Vasconcelos, K., Farias Gomes, A. et al. (2023) Feasibility of photon-counting computed tomography as a novel imaging modality for challenging endodontic diagnostic tasks. *Scientific Reports*, **13**(1), 6266.

Freitas, D. Q., Vasconcelos, T. V., Noujeim, M. (2019). Diagnosis of vertical root fracture in teeth close and distant to implant: an in vitro study to assess the influence

of artifacts produced in cone beam computed tomography. *Clinical Oral Investigation*, **23**(3), 1263-1270.

Gaêta-Araujo, H., Silva de Souza, G.Q., Freitas, D.Q., de Oliveira-Santos, C. (2017). Optimization of Tube Current in Cone-beam Computed Tomography for the Detection of Vertical Root Fractures with Different Intracanal Materials. *Journal of Endodontics*, **43**(10):1668-1673.

Hassan, B., Metska, M. E., Ozok, A. R., van der Stelt, P., Wesselink, P. R. (2009) Detection of vertical root fractures in endodontically treated teeth by a cone beam computed tomography scan. *Journal of Endodontics*, **35**(5), 719-22.

Lagos de Melo, L.P., Queiroz, P.M., Moreira-Souza, L., Nadaes, M.R., Santaella, G.M., Oliveira, M.L., Freitas, D.Q (2023). Influence of CBCT parameters on image quality and the diagnosis of vertical root fractures in teeth with metallic posts: an ex vivo study. *Restorative Dentistry & Endodontics*, **48**(2):e16.

Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, **33**(1), 159–174.

Lertchirakarn, V.; Palamara, J. E.; Messer, H. H. (2003) Patterns of vertical root fracture: factors affecting stress distribution in the root canal. *Journal of Endodontics*, **29**(8), 523-528.

Liao, W.C., Tsai, Y.L., Wang, C.Y., Chang, M.C., Huang, W.L., Lin, H.C., Chan, C.P., Chang, S.H., & Jeng, J.H. (2017) Clinical and Radiographic Characteristics of Vertical Root Fractures in Endodontically and Nonendodontically Treated Teeth. *Journal of Endodontics*, **43**(5), 687–693.

Patel, S., Bhuva, B., Bose, R. (2022) Present status and future directions: vertical root fractures in root filled teeth. *International Endodontic Journal*, **55**(Suppl 3), 804-826.

Pinto, J. C. Wanderley, V.A., de Faria Vasconcelos, K., Leite, A.F., Pauwels, R., Nadjmi, M., Oliveira, M.L., Tanomaru-Filho, M., Jacobs, R. (2021) Evaluation of 10 cone-beam computed tomographic devices for endodontic assessment of fine anatomic structures. *Journal of Endodontics*, **47**, 947–953.

PradeepKumar, A. R., Shemesh, H., Jothilatha, S., Vijayabharathi, R., Jayalakshmi, S., & Kishen, A. (2016). Diagnosis of Vertical Root Fractures in Restored Endodontically Treated Teeth: A Time-dependent Retrospective Cohort Study. *Journal of Endodontics*, **42**(8), 1175–1180.

Queiroz, P. M., Oliveira, M. L., Groppo, F. C., Haiter-Neto, F., Freitas, D. Q. (2018) Evaluation of metal artefact reduction in cone-beam computed tomography images of different dental materials. *Clinical Oral Investigation*, **22**(1), 419-423.

Ruetters, M., Sen, S., Gehrig, H., Bruckner, T., Kim, T. S., Lux, C. J. et al. (2022) Dental imaging using an ultra-high-resolution photon-counting CT system. *Scientific Reports*, **12**(1), 7125.

Ruiz, D.C., Rosado, L.P.L., Fontenele, R.C., Farias-Gomes, A., Freitas, D.Q (2024)e. Vertical root fracture diagnosis in teeth with metallic posts: Impact of metal artifact reduction and sharpening filters. *Imaging Science in Dentistry*, **54**(2):139-145.

Salineiro, F. C. S., Kobayashi-Velasco, S., Braga, M. M., Cavalcanti, M. G. P. (2017) Radiographic diagnosis of root fractures: a systematic review, meta-analyses and sources of heterogeneity. *Dentomaxillofacial Radiology*, **46**(8), 20170400.

Scarfe, W.C., Li, Z., Aboelmaaty, W., Scott, S.A., Farman, A.G. (2012) Maxillofacial cone beam computed tomography: essence, elements and steps to interpretation. *Australian Dental Journal*, **57**: 46-60.

Shemesh, H., Roeleveld, A. C., Wesselink, P. R., Wu, M. K. (2011) Damage to root dentin during retreatment procedures. *Journal of Endodontics*, **37**(1), 63-66.

Silva, L. R., de Lima, K. L., Santos, A. A., Leles, C. R., Estrela, C., de Freitas Silva, B. S. et al. (2020) Dentin thickness as a risk factor for vertical root fracture in endodontically treated teeth: a case-control study. *Clinical Oral Investigation*, **25**(3), 1099-1105.

Tortora, M., Gemini, L., D'Iglio, I., Uggia, L., Spadarella, G., Cuocolo, R. (2022) Spectral Photon-Counting Computed Tomography: A Review on Technical Principles and Clinical Applications. *Journal of Imaging*, **8**(4), 112.

Vanden Broeke, L., Grillon, M., Yeung, A. W. K., Wu, W., Tanaka, R., Vardhanabhuti, V. (2021) Feasibility of photon-counting spectral CT in dental applications-a comparative qualitative analysis. *BDJ Open*, **7**(1), 4.

Willemink, M. J., Persson, M., Pourmorteza, A., Pelc, N. J., Fleischmann, D. (2018) Photon-counting CT: Technical Principles and Clinical Prospects. *Radiology*, **289**(2), 293-312.

Zanon, C., Pepe, A., Cademartiri, F., Bini, C., Maffei, E., Quaia, E., Stellini, E., Di Fiore, A. (2024). Potential Benefits of Photon-Counting CT in Dental Imaging: A Narrative Review. *Journal of Clinical Medicine*, **13**(8):2436

Zhang, L., Wang, T., Cao, Y., Wang, C., Tan, B., Tang, X. et al. (2019) In Vivo Detection of Subtle Vertical Root Fracture in Endodontically Treated Teeth by Cone-beam Computed Tomography. *Journal of Endodontics*, **45**(7), 856-862.

REFERÊNCIAS

- ADORNO, C. G.; YOSHIOKA, T.; JINDAN, P.; KOBAYASHI, C. et al. The effect of endodontic procedures on apical crack initiation and propagation ex vivo. **Int Endod J**, 46, n. 8, p. 763-768, Aug 2013.
- AL-HABIB, M. A.; ALMARZOUKI, S.; ALSULAIMAN, M.; ALSOFI, L. Comprehensive analysis of mandibular first molar root and canal morphology in Saudi patients using cone beam computed tomography (CBCT). **Med Sci Monit**, 30, p. e945364, Aug 2024.
- AL-HAJ HUSAIN, A.; MERGEN, V.; VALDEC, S.; AL-HAJ HUSAIN, N. et al. Comparison of cone-beam computed tomography with photon-counting detector computed tomography for dental implant surgery. **Int J Implant Dent**, 11, n. 1, p. 21, Mar 2025.
- AL-RAMMAHI, H. M.; CHAI, W. L.; NABHAN, M. S.; AHMED, H. M. A. Root and canal anatomy of mandibular first molars using micro-computed tomography: a systematic review. **BMC Oral Health**, 23, n. 1, p. 339, 2023.
- AL-SUDANI, D.; GRANDE, N. M.; PLOTINO, G.; POMPA, G. et al. Cyclic fatigue of nickel-titanium rotary instruments in a double (S-shaped) simulated curvature. **J Endod**, 38, n. 7, p. 987-989, Jul 2012.
- ALVES, F. R.; MARCELIANO-ALVES, M. F.; SOUSA, J. C.; SILVEIRA, S. B. et al. Removal of root canal fillings in curved canals using either reciprocating single- or rotary multiinstrument systems and a supplementary step with the XP-Endo finisher. **J Endod**, 42, p. 1114-1119, 2016.
- AMINSOBHANI, M.; RAZMI, H.; HAMIDZADEH, F.; REZAEI AVVAL, A. Evaluation of the antibacterial effect of xylene, chloroform, eucalyptol, and orange oil on *Enterococcus faecalis* in nonsurgical root canal retreatment: an ex vivo study. **Biomed Res Int**, 8, p. 176-172, 2022.
- ARKHIPOVA, A.; BOVANOVA, N.; LASTOVICHEK, D.; RAMONOVA, A. et al. Radiographic criteria for differential diagnosis between vertical root fracture and

apical periodontitis in single-rooted endodontically treated premolars using cone-beam computed tomography. **J Endod**, 50, n. 3, p. 329-335, Mar 2024.

BANE, K.; FAYE, B.; SARR, M.; NIANG, S. O. et al. Root canal shaping by single-file systems and rotary instruments: a laboratory study. **Iran Endod J**, 10, n. 2, p. 135-139, 2015.

BARDSLEY, S.; PETERS, C. I.; PETERS, O. A. The effect of three rotational speed settings on torque and apical force with vortex rotary instruments in vitro. **J Endod**, 37, n. 6, p. 860-864, Jun 2011.

BARRETO, M. S.; ROSA, R. A.; SANTINI, M. F.; CAVENAGO, B. C. et al. Efficacy of ultrasonic activation of NaOCl and orange oil in removing filling material from mesial canals of mandibular molars with and without isthmus. **J Appl Oral Sci**, 24, n. 1, p. 37-44, 2016.B

BARUWA, A. O.; MARTINS, J. N. R.; MEIRINHOS, J.; PEREIRA, B. et al. The influence of missed canals on the prevalence of periapical lesions in endodontically treated teeth: a cross-sectional study. **J Endod**, 46, n. 1, p. 34-39.e1, 2020.

BEASLEY, R. T.; WILLIAMSON, A. E.; JUSTMAN, B. C.; QIAN, F. Time required to remove Guttacore, Thermafil Plus, and thermoplasticized gutta-percha from moderately curved root canals with ProTaper files. **J Endod**, 39, p. 125-128, 2013.

BETTI, L. V.; BRAMANTE, C. M.; DE MORAES, I. G.; BERNARDINELLI, N. et al. Comparison of GPX with or without solvent and hand files in removing filling materials from root canals – an ex vivo study. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, 110, n. 5, p. 675-680, Nov 2010.

BIASILLO, V.; CASTAGNOLA, R.; COLANGELI, M. et al. Comparison of shaping ability of the Reciproc Blue and One Curve with or without glide path in simulated S-shaped root canals. **Restor Dent Endod**, 47, p. e3, 2022.

BOUTSIOUKIS, C.; ARIAS-MOLIZ, M. T. Present status and future directions—irrigants and irrigation methods. **Int Endod J**, 55, suppl. 3, p. 588-612, 2022.

BRITO-JÚNIOR, M.; SANTOS, L. A.; FARIA-E-SILVA, A. L.; PEREIRA, R. D. et al. Ex vivo evaluation of artifacts mimicking fracture lines on cone-beam computed tomography produced by different root canal sealers. **Int Endod J**, 47, p. 26-31, 2014.

BROCHURA **HyFlex EDM**, "Coltene" (2016), https://global.coltene.com/fileadmin/Data/EN/Products/Endodontics/Root_Canal_Shaping/HyFlex_EDM/31328A_HyFlexEDM_Brochure_US.pdf.

BROCHURA **VDW.Rotate Brochure**, "VDW Dental" (2019), <http://www.vdw-dental.com/en/service/brochure-downloads/>.

BRUNSON, M.; HEILBORN, C.; JOHNSON, D. J.; COHENCA, N. Effect of apical preparation size and preparation taper on irrigant volume delivered by using negative pressure irrigation system. **J Endod**, 36, n. 4, p. 721-724, Apr 2010.

BÜRKLEIN, L.; BÖRJES, D.; SCHÄFER, E. Comparison of preparation of curved root canals with Hyflex CM and Revo-S rotary nickel titanium instruments. **Int Endod J**, 47, p. 470-476, 2014.

BURROUGHS, J. R.; BERGERON, B. E.; ROBERTS, M. D.; HAGAN, J. L. et al. Shaping ability of three nickel-titanium endodontic file systems in simulated S-shaped root canals. **J Endod**, 38, n. 12, p. 1618-1621, Dec 2012.

BYAKOVA, S. F.; NOVOZHILOVA, N. E.; MAKEEVA, I. M.; GRACHEV, V. I. et al. The accuracy of CBCT for the detection and diagnosis of vertical root fractures in vivo. **Int Endod J**, 52, n. 9, p. 1255-1263, Sep 2019.

CAMPELLO, A. F.; ALMEIDA, B. M.; FRANZONI, M. A.; ALVES, F. R. F. et al. Influence of solvent and a supplementary step with a finishing instrument on filling material removal from canals connected by an isthmus. **Int Endod J**, 52, n. 5, p. 716-724, 2019.

ÇANAKÇI, B. C.; ER, O.; DINCER, A. Do the sealer solvents used affect apically extruded debris in retreatment? **J Endod**, 41, n. 9, p. 1507-1509, 2015.

CAPUTO, B. V.; NORO FILHO, G. A.; DE ANDRADE SALGADO, D. M.; MOURA-NETTO, C. et al. Evaluation of the root canal morphology of molars by using cone-beam computed tomography in a Brazilian population: Part I. **J Endod**, 42, n. 11, p. 1604-1607, Nov 2016.

CAVENAGO, C. B.; LEAL, R. M. S.; COPELLI, F. A.; BATISTA, A. et al. Root canal anatomy of mandibular incisors with Vertucci's type III configuration: a micro-CT study. **Giorn Ital Endod**, 38, n. 1, 2024.

CHANG, E.; LAM, E.; SHAH, P.; AZARPAZHOOH, A. Cone-beam computed tomography for detecting vertical root fractures in endodontically treated teeth: a systematic review. **J Endod**, 42, p. 177-185, 2016.

CHANIOTIS, A.; ORDINOLA-ZAPATA, R. Present status and future directions: management of curved and calcified root canals. **Int Endod J**, 55, p. 656-684, 2022.

CHATCHAWANWIROTE, Y.; YANPISET, K.; JANTARAT, J. Effect of solvent on root canal filling material removal by two different rotary file systems in C-shaped root canals. **Aust Endod J**, 48, n. 3, p. 487-493, 2022.

CHÉRCOLES-RUIZ, A.; SÁNCHEZ-TORRES, A.; GAY-ESCODA, C. Endodontics, endodontic retreatment, and apical surgery versus tooth extraction and implant placement: a systematic review. **J Endod**, 43, n. 5, p. 679-686, 2017.

CHUPPANI DASTGERDI, A.; NAVABI, M.; RAKHSHAN, V. Isthmuses, accessory canals, and the direction of root curvature in permanent mandibular first molars: an in vivo computed tomography study. **Restor Dent Endod**, 45, n. 1, p. e7, Dec 2019.

CIVJAN, S.; HUGET, E. F.; DESIMON, L. B. Potential applications of certain nickel-titanium (nitinol) alloys. **J Dent Res**, 54, n. 1, p. 89-96, Jan-Feb 1975.

COPELLI, F. A.; ODA, L. Y.; LEAL, R. M. S.; RODRIGUES, C. T. et al. Influence of the filling technique on endodontic retreatment in curved mesial canals of mandibular molars – an in vitro study. **J Endod**, 2025.

COSTA, P. M.; LEAL, R. M. S.; YAMANARI, G. H.; CAVENAGO, B. C. et al. Effectiveness of endodontic retreatment using WaveOne Primary files in reciprocating and rotary motions. **Restor Dent Endod**, 48, n. 2, p. e15, Apr 2023.

CROZETA, B. M.; SILVA-SOUSA, Y. T.; LEONI, G. B.; MAZZI-CHAVES, J. F. et al. Micro-computed tomography study of filling material removal from oval-shaped canals by using rotary, reciprocating, and adaptive motion systems. **J Endod**, 42, n. 5, p. 793-797, 2016.

DA ROSA, R. A.; SANTINI, M. F.; CAVENAGO, B. C.; PEREIRA, J. R. et al. Micro-CT evaluation of root filling removal after three stages of retreatment procedure. **Braz Dent J**, 26, n. 6, p. 612-618, 2015.

DE-DEUS, G.; BELLADONNA, F. G.; ZUOLO, A. S.; CAVALCANTE, D. M. et al. 3-dimensional ability assessment in removing root filling material from pair-matched oval-shaped canals using thermal-treated instruments. **J Endod**, 45, n. 9, p. 1135-1141, Sep 2019.

DE-DEUS, G.; MARINS, J.; SILVA, E. J.; SOUZA, E. et al. Accumulated hard tissue debris produced during reciprocating and rotary nickel-titanium canal preparation. **J Endod**, 41, n. 5, p. 676-681, May 2015.

DE-DEUS, G.; SIMÕES-CARVALHO, M.; BELLADONNA, F. G.; VERSIANI, M. A. et al. Creation of well-balanced experimental groups for comparative endodontic laboratory studies: a new proposal based on micro-CT and in silico methods. **Int Endod J**, 53, n. 7, p. 974-985, Jul 2020.

DE-DEUS, G.; SILVA, E. J.; VIEIRA, V. T.; BELLADONNA, F. G. et al. Blue thermomechanical treatment optimizes fatigue resistance and flexibility of the Reciproc files. **J Endod**, 43, p. 462-466, 2017.

EMIRBUGA, S.; PALA, K.; TOPÇUOĞLU, H. S.; ÇAYABATMAZ, M. et al. Effect of different gutta-percha solvents on the microtensile bond strength of various adhesive systems to pulp chamber dentin. **Clin Oral Investig**, 21, n. 2, p. 627-633, Mar 2017.

DINCER, A.; ER, O.; CANAKCI, B. Evaluation of apically extruded debris during root canal retreatment with several NiTi systems. **Int Endod J**, 48, p. 1194-1198, 2015.

DOTTO, L.; SARKIS-ONOFRE, R.; BACCHI, A.; PEREIRA, G. K. R. The use of solvents for gutta-percha dissolution/removal during endodontic retreatments: a scoping review. **J Biomed Mater Res B Appl Biomater**, 109, n. 6, p. 890-901, 2021.

ERSEV, H.; YILMAZ, B.; CİFTÇİOĞLU, E.; OZKARSLI, S. F. A comparison of the shaping effects of 5 nickel-titanium rotary instruments in simulated S-shaped canals. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, 109, n. 5, p. e86-e93, May 2010.

FAN, B.; PAN, Y.; GAO, Y.; FANG, F. et al. Three-dimensional morphologic analysis of isthmuses in the mesial roots of mandibular molars. **J Endod**, 36, n. 11, p. 1866-1869, 2010.

FARINIUK, L. F.; WESTPHALEN, V. P.; SILVA-NETO, U. X.; CARNEIRO, E. et al. Efficacy of five rotary systems versus manual instrumentation during endodontic retreatment. **Braz Dent J**, 22, n. 4, p. 294-298, 2011.

FATIMA, S.; KUMAR, A.; ANDRABI, S. M. U. N.; MISHRA, S. K.; TEWARI, R. K. Effect of apical third enlargement to different preparation sizes and tapers on postoperative pain and outcome of primary endodontic treatment: a prospective randomized clinical trial. **J Endod**, 47, n. 9, p. 1345-1351, Sep 2021.

FONTENELE, R. C.; NASCIMENTO, E. H.; VASCONCELOS, T. V.; NOUJEIM, M.; FREITAS, D. Q. Magnitude of cone beam CT image artifacts related to zirconium and titanium implants: impact on image quality. **Dentomaxillofac Radiol**, 47, n. 6, p. 20180021, Jul 2018.

FONTENELE, R. C.; PICOLI, F. F.; PINTO, J. C.; COUDYZER, W.; DE FARIA VASCONCELOS, K.; FARIAS GOMES, A.; BINST, J.; JACOBS, R. Feasibility of photon-counting computed tomography as a novel imaging modality for challenging endodontic diagnostic tasks. **Sci Rep**, 13, n. 1, p. 6266, Apr 2023.

FORNARI, V. J.; SILVA-SOUSA, Y. T.; VANNI, J. R.; PÉCORÁ, J. D.; VERSIANI, M. A.; SOUSA-NETO, M. D. Histological evaluation of the effectiveness of increased apical enlargement for cleaning the apical third of curved canals. **Int Endod J**, 43, n. 11, p. 988-994, Nov 2010.

FREITAS, D. Q.; VASCONCELOS, T. V.; NOUJEIM, M. Diagnosis of vertical root fracture in teeth close and distant to implant: an in vitro study to assess the influence of artifacts produced in cone beam computed tomography. **Clin Oral Investig**, 23, n. 3, p. 1263-1270, 2019.

GAÊTA-ARAUJO, H.; SILVA DE SOUZA, G. Q.; FREITAS, D. Q.; DE OLIVEIRA-SANTOS, C. Optimization of tube current in cone-beam computed tomography for the detection of vertical root fractures with different intracanal materials. **J Endod**, 43, n. 10, p. 1668-1673, Oct 2017.

GAVINI, G.; SANTOS, M. D.; CALDEIRA, C. L.; MACHADO, M. E. L.; FREIRE, L. G.; IGLECIAS, E. F.; PETERS, O. A.; CANDEIRO, G. T. M. Nickel-titanium instruments in endodontics: a concise review of the state of the art. **Braz Oral Res**, 32, suppl 1, p. e67, Oct 2018.

GENÇ SEN, O.; ERDEMİR, A.; CANAKCI, B. C. Effect of solvent use on postoperative pain in root canal retreatment: a randomized, controlled clinical trial. **Clin Oral Investig**, 24, n. 1, p. 257-263, Jan 2020.

GOO, H.; KWAK, S. W.; HA, J.; PEDULLÀ, E. et al. Mechanical properties of various heat-treated nickel-titanium rotary instruments. **J Endod**, 43, n. 11, p. 1872-1877, Nov 2017.

GUTMANN, J. L.; GAO, Y. Alteration in the inherent metallic and surface properties of nickel–titanium root canal instruments to enhance performance, durability and safety: a focused review. **Int Endod J**, 45, n. 2, p. 113-128, Feb 2012.

HANSEN, M. G. Relative efficiency of solvents used in endodontics. **J Endod**, 24, n. 1, p. 38-40, 1998. Harris SP, Bowles WR, Fok A, McClanahan SB. An anatomic investigation of the mandibular first molar using micro-computed tomography. **J Endod**. 2013 Nov;39(11):1374-8.

HASSAN, B.; METSKA, M. E.; OZOK, A. R.; VAN DER STELT, P.; WESSELINK, P. R. Detecção de fraturas radiculares verticais em dentes tratados endodonticamente por tomografia computadorizada de feixe cônico. **J Endod**, 35, p. 719–722, 2009.

HÜLSMANN, M.; PETERS, O. A.; DUMMER, P. M. H. Mechanical preparation of root canals: shaping goals, techniques and means. **Endodontic Topics**, 10, p. 30–76, 2005.

IACONO, F.; PIRANI, C.; GENERALI, L.; BOLELLI, G.; SASSATELLI, P.; LUSVARGHI, L.; GANDOLFI, M. G.; GIORGINI, L.; PRATI, C. Structural analysis of HyFlex EDM instruments. **Int Endod J**, 50, n. 3, p. 303-313, Mar 2017.

KARATAŞ, E.; KOL, E.; BAYRAKDAR, İ.Ş.; ARSLAN, H. The effect of chloroform, orange oil and eucalyptol on root canal transportation in endodontic retreatment. **Aust Endod J**, 42, n. 1, p. 37-40, 2016.

KESKIN, Ö.; SIVAS YILMAZ, A.; KELEŞ, A.; INAN, U. Comparison of cyclic fatigue resistance of Rotate instrument with reciprocating and continuous rotary nickel-titanium instruments at body temperature in relation to their transformation temperatures. **Clin Oral Investig**, 25, n. 1, p. 151-157, Jan 2021.

KIRICI, D.; DEMIRBUGA, S.; KARATAS, E. Micro-computed tomographic assessment of the residual filling volume, apical transportation, and crack formation after retreatment with Reciproc and Reciproc Blue systems in curved root canals. **J Endod**, 46, n. 2, p. 238-243, Feb 2020.

LA ROSA, G. R. M.; LEOTTA, M. L.; CANOVA, F. S.; ROMEO, V. R.; CERVINO, G.; GENERALI, L.; PEDULLÀ, E. Cyclic fatigue resistance of different nickel-titanium instruments in single and double curvature at room and body temperatures: a laboratory study. **Aust Endod J**, 49, n. 3, p. 592-598, Dec 2023.

LADLEY, R. W.; CAMPBELL, A. D.; HICKS, M. L.; LI, S. H. Effectiveness of halothane used with ultrasonic or hand instrumentation to remove gutta-percha from the root canal. **J Endod**, 17, n. 5, p. 221-224, May 1991.

LAGOS DE MELO, L. P.; QUEIROZ, P. M.; MOREIRA-SOUZA, L.; NADAES, M. R.; SANTAELLA, G. M.; OLIVEIRA, M. L.; FREITAS, D. Q. Influence of CBCT parameters on image quality and the diagnosis of vertical root fractures in teeth with metallic posts: an ex vivo study. **Restor Dent Endod**, 48, n. 2, p. e16, Apr 2023.

LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, 33, n. 1, p. 159-174, Mar 1977.

LEAL, R. M. S.; SILVA, E. J. N. L.; CAMPOS, M. C. B. P.; RODRIGUES, C. T.; DUARTE, M. A. H.; CAVENAGO, B. C. Shaping ability of rotary NiTi systems in S-shaped root canals of mandibular molars. **Aust Endod J**, 51, n. 1, p. 133-141, Apr 2025.

LEE, J. K.; YOO, Y. J.; PERINPANAYAGAM, H.; HA, B. H.; LIM, S. M.; OH, S. R.; GU, Y.; CHANG, S. W.; ZHU, Q.; KUM, K. Y. Three-dimensional modelling and concurrent measurements of root anatomy in mandibular first molar mesial roots using micro-computed tomography. **Int Endod J**, 48, n. 4, p. 380-389, Apr 2015.

LERTCHIRAKARN, V.; PALAMARA, J. E.; MESSER, H. H. Patterns of vertical root fracture: factors affecting stress distribution in the root canal. **J Endod**, 29, n. 8, p. 523-528, Aug 2003.

LIAO, W. C.; TSAI, Y. L.; WANG, C. Y.; CHANG, M. C.; HUANG, W. L.; LIN, H. J.; LIU, H. C.; CHAN, C. P.; CHANG, S. H.; JENG, J. H. Clinical and radiographic characteristics of vertical root fractures in endodontically and nonendodontically treated teeth. **J Endod**, 43, n. 5, p. 687-693, May 2017.

LIMA, K. L.; SILVA, L. R.; PAIVA PRADO, T. B.; SILVA, M. A. G.; FREITAS SILVA, B. S.; YAMAMOTO-SILVA, F. P. Influence of the technical parameters of CBCT image acquisition on vertical root fracture diagnosis: a systematic review and meta-analysis. **Clin Oral Investig**, 27, n. 2, p. 433-474, Feb 2023.

LIN, L. M.; ROSENBERG, P. A.; LIN, J. Do procedural errors cause endodontic treatment failure? **J Am Dent Assoc**, 136, n. 2, p. 187-193, Feb 2005.

LÓPEZ-VALVERDE, I.; VIGNOLETTI, F.; VIGNOLETTI, G.; MARTIN, C.; SANZ, M. Long-term tooth survival and success following primary root canal treatment: a 5- to 37-year retrospective observation. **Clin Oral Investig**, 27, n. 6, p. 3233-3244, Jun 2023.

MAHMOUD, O.; ALHIMAIRI, S.; SULTAN, D.; ALI, A. Shaping ability of different rotary and reciprocating file systems in simulated S-shaped root canals. **Eur Endod J**, 9, n. 2, p. 114-123, Mar 2024.

MARTINHO, F. C.; FREITAS, L. F.; NASCIMENTO, G. G.; FERNANDES, A. M.; LEITE, F. R.; GOMES, A. P.; CAMÕES, I. C. Endodontic retreatment: clinical comparison of reciprocating systems versus rotary system in disinfecting root canals. **Clin Oral Investig**, 19, n. 6, p. 1411-1417, Jul 2015.

MATOSO, F. B.; QUINTANA, R. M.; JARDINE, A. P.; DELAI, D.; FONTANELLA, V. R. C.; GRAZZIOTIN-SOARES, R.; KOPPER, P. M. P. XP-Endo Finisher-R and PUI as supplementary methods to remove root filling materials from curved canals. **Braz Oral Res**, 36, p. e053, 2022.

MORENO, J. O.; ALVES, F. R.; GONÇALVES, L. S.; MARTINEZ, A. M.; RÔÇAS, I. N.; SIQUEIRA, J. F. JR. Periradicular status and quality of root canal fillings and coronal restorations in an urban Colombian population. **J Endod**, 39, n. 5, p. 600-604, May 2013.

NAGENDRABABU, V.; MURRAY, P. E.; ORDINOLA-ZAPATA, R.; PETERS, O. A.; RÔÇAS, I. N.; SIQUEIRA, J. F. JR.; PRIYA, E.; JAYARAMAN, J.; PULIKKOTIL, S. J.; CAMILLERI, J.; BOUTSIOUKIS, C.; ROSSI-FEDELE, G.; DUMMER, P. M. H. PRILE 2021 guidelines for reporting laboratory studies in Endodontology: a consensus-based development. **Int Endod J**, 54, n. 9, p. 1482-1490, Sep 2021.

NAIR, P. N. On the causes of persistent apical periodontitis: a review. **Int Endod J**, 39, n. 4, p. 249-281, Apr 2006.

ÖZYÜREK, T.; YILMAZ, K.; USLU, G. Shaping ability of Reciproc, WaveOne GOLD, and HyFlex EDM single-file systems in simulated S-shaped canals. **J Endod**, 43, n. 5, p. 805-809, May 2017.

PATEL, S.; BHUVA, B.; BOSE, R. Present status and future directions: vertical root fractures in root filled teeth. **Int Endod J**, 55, Suppl 3, p. 804-826, May 2022.

PATEL, S. R.; JARAD, F.; MOAWAD, E.; BOLAND, A.; GREENHALGH, J.; LIU, M.; MADEN, M. The tooth survival of non-surgical root-filled posterior teeth and the

associated prognostic tooth-related factors: a systematic review and meta-analysis. **Int Endod J**, 57, n. 10, p. 1404-1421, Oct 2024.

PEDULLÀ, E.; SAVIO, F. L.; BONINELLI, S.; PLOTINO, G. et al. Torsional and cyclic fatigue resistance of a new nickel-titanium instrument manufactured by electrical discharge machining. **J Endod**, 42, n. 1, p. 156-159, Jan 2016.

PÉREZ MORALES, M. L. N.; GONZÁLEZ SÁNCHEZ, J. A.; OLIVIERI, J. G.; ELMSMARI, F.; SALMON, P.; JARAMILLO, D. E.; TEROL, F. D. Micro-computed tomographic assessment and comparative study of the shaping ability of 6 nickel-titanium files: an in vitro study. **J Endod**, 47, n. 5, p. 812-819, May 2021.

PETERS, O. A.; LAIB, A.; RÜEGSEGG, P.; BARBAKOW, F. Three-dimensional analysis of root canal geometry by high-resolution computed tomography. **J Dent Res**, 79, n. 6, p. 1405-1409, Jun 2000.

PETERS, O. A. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. **J Endod**, 30, n. 8, p. 559-567, Aug 2004.

PETERS, O. A.; GLUSKIN, A. K.; WEISS, R. A.; HAN, J. T. An in vitro assessment of the physical properties of novel Hyflex nickel–titanium rotary instruments. **Int Endod J**, 45, n. 11, p. 1027-1034, Apr 2012.

PINTO, J. C.; TORRES, F. F. E.; SANTOS-JUNIOR, A. O.; TAVARES, K. I. M. C.; GUERREIRO-TANOMARU, J. M.; TANOMARU-FILHO, M. Influence of sealer and supplementary approach on filling material removal during endodontic retreatment. **Braz Oral Res**, 38, e022, 2024.

PINTO, K. P.; BARBOSA, A. F. A.; SILVA, E. J. N. L.; SANTOS, A. P. P.; SASSONE, L. M. What is the microbial profile in persistent endodontic infections? A scoping review. **J Endod**, 49, n. 7, p. 786-798.e7, Jul 2023.

PINTO, J. C.; WANDERLEY, V. A.; DE FARIA VASCONCELOS, K.; LEITE, A. F.; PAUWELS, R.; NADJMI, M.; OLIVEIRA, M. L.; TANOMARU-FILHO, M.; JACOBS, R. Evaluation of 10 cone-beam computed tomographic devices for endodontic assessment of fine anatomic structures. **J Endod**, 47, p. 947-953, 2021.

PIRANI, C.; IACONO, F.; GENERALI, L.; SASSATELLI, P. et al. HyFlex EDM: superficial features, metallurgical analysis and fatigue resistance of innovative electro discharge machined NiTi rotary instruments. **Int Endod J**, 49, n. 5, p. 483-493, May 2016.

PIRANI, C.; PELLICCIONI, G. A.; MARCHIONNI, S.; MONTEBUGNOLI, L. et al. Effectiveness of three different retreatment techniques in canals filled with compacted gutta-percha or Thermafil: a scanning electron microscope study. **J Endod**, 35, n. 10, p. 1433-1440, Oct 2009.

PIVOTO-JOÃO, M. M. B.; TANOMARU-FILHO, M.; PINTO, J. C.; ESPIR, C. G.; GUERREIRO-TANOMARU, J. M. Root canal preparation and enlargement using thermally treated nickel-titanium rotary systems in curved canals. **J Endod**, 46, n. 11, p. 1758-1765, Nov 2020.

PLOTINO, G.; TESTARELLI, L.; AL-SUDANI, D.; PONGIONE, G. et al. Fatigue resistance of rotary instruments manufactured using different nickel–titanium alloys: a comparative study. **Odontology**, 102, p. 31-35, 2014.

PRADEEPKUMAR, A. R.; SHEMESH, H.; JOTHILATHA, S.; VIJAYABHARATHI, R.; JAYALAKSHMI, S.; KISHEN, A. Diagnosis of vertical root fractures in restored endodontically treated teeth: a time-dependent retrospective cohort study. **J Endod**, 42, n. 8, p. 1175-1180, Aug 2016.

QUEIROZ, P. M.; OLIVEIRA, M. L.; GROPPPO, F. C.; HAITER-NETO, F.; FREITAS, D. Q. Evaluation of metal artefact reduction in cone-beam computed tomography images of different dental materials. **Clin Oral Investig**, 22, n. 1, p. 419-423, Jan 2018.

RECHENBERG, D. K.; PAQUÉ, F. Impact of cross-sectional root canal shape on filled canal volume and remaining root filling material after retreatment. **Int Endod J**, 46, n. 6, p. 547–555, Jun 2013.

REHMAN, K.; KHAN, F. R.; AMAN, N. Comparison of orange oil and chloroform as gutta-percha solvents in endodontic retreatment. **J Contemp Dent Pract**, 14, p. 478–482, 2013.

RHODES, J. S.; FORD, T. R.; LYNCH, J. A.; LIEPINS, P. J.; CURTIS, R. V. Micro-computed tomography: a new tool for experimental endodontology. **Int Endod J**, 32, n. 3, p. 165-170, May 1999.

RICUCCI, D.; SIQUEIRA, J. F. Jr. Fate of the tissue in lateral canals and apical ramifications in response to pathologic conditions and treatment procedures. **J Endod**, 36, p. 1–15, 2010.

RICUCCI, D.; SIQUEIRA, J. F. Jr.; BATE, A. L. Histologic investigation of root canal-treated teeth with apical periodontitis: a retrospective study from twenty-four patients. **J Endod**, 35, p. 493–502, 2009.

RÖDIG, T.; HAUSDÖRFER, T.; KONIETSCHKE, F.; DULLIN, C.; HAHN, W.; HÜLSMANN, M. Efficacy of D-RaCe and ProTaper Universal Retreatment NiTi instruments and hand files in removing gutta-percha from curved root canals – a micro-computed tomography study. **Int Endod J**, 45, p. 580–589, 2012.

RODRIGUES, R. C. V.; ZANDI, H.; KRISTOFFERSEN, A. K.; ENERSEN, M.; MDALA, I.; ØRSTAVIK, D.; RÔÇAS, I. N.; SIQUEIRA, J. F. Jr. Influence of the apical preparation size and the irrigant type on bacterial reduction in root canal-treated teeth with apical periodontitis. **J Endod**, 43, n. 7, p. 1058-1063, Jul 2017.

ROMEIRO, K.; DE ALMEIDA, A.; CASSIMIRO, M.; GOMINHO, L.; DANTAS, E.; CHAGAS, N. Reciproc and Reciproc Blue in the removal of bioceramic and resin-based sealers in retreatment procedures. **Clin Oral Investig**, 24, p. 405–416, 2020.

ROSSI-FEDELE, G.; AHMED, H. M. Assessment of root canal filling removal effectiveness using micro-computed tomography: a systematic review. **J Endod**, 43, n. 4, p. 520–526, Apr 2017.

RUETTERS, M.; SEN, S.; GEHRIG, H.; BRUCKNER, T.; KIM, T. S.; LUX, C. J.; SCHLEMMER, H. P.; HEINZE, S.; MAIER, J.; KACHELRIEß, M.; SAWALL, S. Dental imaging using an ultra-high resolution photon-counting CT system. **Sci Rep**, 12, n. 1, p. 7125, May 2022.

RUIZ, D. C.; ROSADO, L. P. L.; FONTENELE, R. C.; FARIAS-GOMES, A.; FREITAS, D. Q. Vertical root fracture diagnosis in teeth with metallic posts: impact of

metal artifact reduction and sharpening filters. **Imaging Sci Dent**, 54, n. 2, p. 139–145, 2024.

SALINEIRO, F. C. S.; KOBAYASHI-VELASCO, S.; BRAGA, M. M.; CAVALCANTI, M. G. P. Radiographic diagnosis of root fractures: a systematic review, meta-analyses and sources of heterogeneity. **Dentomaxillofac Radiol**, 46, n. 8, p. 20170400, Dec 2017.

SAPANA, S.; ARYA, A.; NANDANWAR, A.; NAGAR, R.; ROY, P.; TEKAM, D. Comparison of retreatability of AH Plus sealer and bioceramic sealer with solvent, retreatment files and diode laser: a CBCT and SEM analysis. **J Pharm Bioallied Sci**, 16(Suppl 4), p. S3528–S3530, 2024.

SCARFE, W. C.; LI, Z.; ABOELMAATY, W.; SCOTT, S. A.; FARMAN, A. G. Maxillofacial cone beam computed tomography: essence, elements and steps to interpretation. **Aust Dent J**, 57(Suppl 1), p. 46–60, 2012.

SCELZA, M. F.; COIL, J. M.; MACIEL, A. C.; OLIVEIRA, L. R.; SCELZA, P. Comparative SEM evaluation of three solvents used in endodontic retreatment: an ex vivo study. **J Appl Oral Sci**, 16, n. 1, p. 24–29, 2008.

SCHÄFER, E.; DIEZ, C.; HOPPE, W.; TEPEL, J. Roentgenographic investigation of frequency and degree of canal curvatures in human permanent teeth. **J Endod**, 28, p. 211–216, 2022.

SCHÄFER, E.; BÜRKLEIN, S.; DONNERMEYER, D. A critical analysis of research methods and experimental models to study the physical properties of NiTi instruments and their fracture characteristics. **Int Endod J**, 55(Suppl 1), p. 72–94, Mar 2022.

SCHILDER, H. Cleaning and shaping the root canal. **Dent Clin North Am**, 18, n. 2, p. 269–296, Apr 1974.

SCHIRRMEISTER, J. F.; WRBAS, K. T.; MEYER, K. M.; ALTENBURGER, M. J. et al. Efficacy of different rotary instruments for gutta-percha removal in root canal retreatment. **J Endod**, 32, n. 5, p. 469–472, May 2006.

SHEMESH, H.; ROELEVELD, A. C.; WESSELINK, P. R.; WU, M. K. Damage to root dentin during retreatment procedures. **J Endod**, 37, n. 1, p. 63–66, Jan 2011.

SHOKRI, A.; SALEMI, F.; TAHERPOUR, T.; KARKEHABADI, H.; RAMEZANI, K.; ZAHEDI, F.; FARHADIAN, M. Is cone-beam computed tomography more accurate than periapical radiography for detection of vertical root fractures? A systematic review and meta-analysis. **BMC Med Imaging**, 24, n. 1, p. 286, Oct 2024.

SILVA, E. J. N. L.; SA, L.; BELLADONNA, F. G.; NEVES, A. A.; ACCORSI-MENDONCA, T.; VIEIRA, V. T. Reciprocating versus rotary systems for root filling removal: assessment of the apically extruded material. **J Endod**, 40, p. 2077–2080, 2014.

SILVA, L. R.; DE LIMA, K. L.; SANTOS, A. A.; LELES, C. R.; ESTRELA, C.; DE FREITAS SILVA, B. S.; YAMAMOTO-SILVA, F. P. Dentin thickness as a risk factor for vertical root fracture in endodontically treated teeth: a case-control study. **Clin Oral Investig**, 25, n. 3, p. 1099–1105, Mar 2021.

SILVA, P. A.; ALCALDE, M. P.; VIVAN, R. R.; DUARTE, M. A. H. Comparison of the Self-Adjusting File and Hedström file used as supplementary instruments for the remaining filling material removal during retreatment of C-shaped canals: a micro-CT study. **Eur Endod J**, 5, n. 2, p. 112–117, 2020.

SILVA, E. J. N. L.; MARTINS, J. N. R.; AJUZ, N.; VIEIRA, V. T. L. et al. Multimethod analysis of a novel multi-coloured heat-treated nickel-titanium rotary system: design, metallurgy, mechanical properties, and shaping ability. **J Endod**, 50, n. 11, p. 1622–1633, Nov 2024.

SILVA, L. R.; DE LIMA, K. L.; SANTOS, A. A.; LELES, C. R. et al. Dentin thickness as a risk factor for vertical root fracture in endodontically treated teeth: a case-control study. **Clin Oral Investig**, 25, n. 3, p. 1099–1105, 2020.

SILVEIRA, S. B.; ALVES, F. R. F.; MARCELIANO-ALVES, M. F. et al. Removal of root canal fillings in curved canals using either Mani GPR or HyFlex NT followed by passive ultrasonic irrigation. **J Endod**, 44, p. 299–303.e1, 2018.

SIQUEIRA, J. F. Jr. Aetiology of root canal treatment failure: why well-treated teeth can fail. **Int Endod J**, 34, n. 1, p. 1-10, 2001.

SIQUEIRA JUNIOR, J. F.; RÔÇAS, I. D. N.; MARCELIANO-ALVES, M. F.; PÉREZ, A. R.; RICUCCI, D. Unprepared root canal surface areas: causes, clinical implications, and therapeutic strategies. **Braz Oral Res**, 32, suppl. 1, p. e65, Oct 2018.

STERN, S.; PATEL, S.; FOSCHI, F.; SHERRIFF, M.; MANNOCCI, F. Changes in centring and shaping ability using three nickel–titanium instrumentation techniques analysed by micro-computed tomography (μ CT). **Int Endod J**, 45, n. 6, p. 514-523, Jun 2012.

SU, Z.; HOU, B.; FANG, C.; HOU, X. [Effect of the morphology of S-shaped root canals with reciprocating single file system on root canal irrigation]. **Zhong Nan Da Xue Xue Bao Yi Xue Ban**, 39, n. 11, p. 1181-1185, Nov 2014. (In Chinese)

SUGAYA, T.; NAKATSUKA, M.; INOUE, K.; TANAKA, S. et al. Comparison of fracture sites and post lengths in longitudinal root fractures. **J Endod**, 41, n. 2, p. 159-163, Feb 2015.

TAKAHASHI, C. M.; CUNHA, R. S.; DE MARTIN, A. S.; FONTANA, C. E. et al. In vitro evaluation of the effectiveness of ProTaper Universal rotary retreatment system for gutta-percha removal with or without a solvent. **J Endod**, 35, n. 11, p. 1580-1583, Nov 2009.

TAY, F. R.; GU, L. S.; SCHOEFFEL, G. J.; WIMMER, C. et al. Effect of vapor lock on root canal debridement by using a side-vented needle for positive-pressure irrigant delivery. **J Endod**, 36, n. 4, p. 745-750, Apr 2010.

TOPÇUOĞLU, H. S.; DEMIRBUGA, S.; PALA, K.; CAYABATMAZ, M.; TOPÇUOĞLU, G. The bond strength of adhesive resins to AH Plus contaminated dentin cleaned by various gutta-percha solvents. **Scanning**, 37, p. 138–144, 2015.

TORABINEJAD, M.; CORR, R.; HANDYSIDES, R.; SHABAHANG, S. Outcomes of nonsurgical retreatment and endodontic surgery: a systematic review. **J Endod**, 35, p. 930–937, 2009.

TORTORA, M.; GEMINI, L.; D'IGLIO, I.; UGGA, L. et al. Spectral photon-counting computed tomography: a review on technical principles and clinical applications. **J Imaging**, 8, n. 4, p. 112, Apr 2022.

VALERIO, L.; ODA, L. Y.; COPELLI, F. A.; RODRIGUES, C. T. et al. Effect of the filling technique on the filling removal from oval-shaped canals. **Clin Oral Investig**, 28, p. 453, 2024.

VANDEN BROEKE, L.; GRILLON, M.; YEUNG, A. W. K.; WU, W. et al. Feasibility of photon-counting spectral CT in dental applications – a comparative qualitative analysis. **BDJ Open**, 7, n. 1, p. 4, Jan 2021.

VENINO, P. M.; CITTERIO, C. L.; PELLEGATTA, A.; CICCARELLI, M. et al. A microcomputed tomography evaluation of the shaping ability of two nickel-titanium instruments, HyFlex EDM and ProTaper Next. **J Endod**, 43, n. 4, p. 628-632, Apr 2017.

VERA, J.; SIQUEIRA, J. F. Jr.; RICUCCI, D.; LOGHIN, S. et al. One- versus two-visit endodontic treatment of teeth with apical periodontitis: a histobacteriologic study. **J Endod**, 38, n. 8, p. 1040-1052, 2012.

VERSIANI, M. A.; PÉCORA, J. D.; SOUSA-NETO, M. D. Microcomputed tomography analysis of the root canal morphology of single-rooted mandibular canines. **Int Endod J**, 46, n. 9, p. 800-807, Sep 2013.

VERTUCCI, F. J.; WILLIAMS, R. G. Furcation canals in the human mandibular first molar. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol**, 38, n. 2, p. 308-314, Aug 1974.

VERTUCCI, F. J. Root canal morphology and its relationship to endodontic procedures. **Endod Topics**, p. 3-29, 2005.

VIDUCIC, D.; JUKIC, S.; KARLOVIC, Z.; BOZIC, Z. et al. Removal of gutta-percha from root canals using an Nd:YAG laser. **Int Endod J**, 36, p. 670–673, 2003.

VILLAS-BÔAS, M. H.; BERNARDINELI, N.; CAVENAGO, B. C.; MARCIANO, M. et al. Micro-computed tomography study of the internal anatomy of mesial root canals of mandibular molars. **J Endod**, 37, n. 12, p. 1682-1686, Dec 2011.

VOLPONI, A.; PELEGRINE, R. A.; KATO, A. S.; STRINGHETA, C. P. et al. Microcomputed tomographic assessment of supplementary cleaning techniques for removing bioceramic sealer and gutta-percha in oval canals. **J Endod**, 46, n. 12, p. 1901-1906, Dec 2020.

VON ARX, T. Frequency and type of canal isthmuses in first molars detected by endoscopic inspection during periradicular surgery. **Int Endod J**, 38, n. 3, p. 160-168, 2005.

WALIA, H. M.; BRANTLEY, W. A.; GERSTEIN, H. An initial investigation of the bending and torsional properties of Nitinol root canal files. **J Endod**, 14, n. 7, p. 346-351, Jul 1988.

WANG, Z.; SHEN, Y.; HAAPASALO, M. Effect of smear layer against disinfection protocols on *Enterococcus faecalis*-infected dentin. **J Endod**, 39, n. 11, p. 1395-1400, 2013.

WILLEMINK, M. J.; PERSSON, M.; POURMORTEZA, A.; PELC, N. J.; FLEISCHMANN, D. Photon-counting CT: technical principles and clinical prospects. **Radiology**, 289, n. 2, p. 293-312, Nov 2018.

WU, M. K.; R'ORIS, A.; BARKIS, D.; WESSELINK, P. R. Prevalence and extent of long oval canals in the apical third. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, 89, n. 6, p. 739-743, Jun 2000.

YOSHINO, K.; ITO, K.; KURODA, M.; SUGIHARA, N. Prevalence of vertical root fracture as the reason for tooth extraction in dental clinics. **Clin Oral Investig**, 19, n. 6, p. 1405-1409, Jul 2015.

YÜRÜKER, S.; GÖRDUYSUS, M.; KÜÇÜKKAYA, S. et al. Efficacy of combined use of different nickel-titanium files on removing root canal filling materials. **J Endod**, 42, n. 3, p. 487–492, 2016.

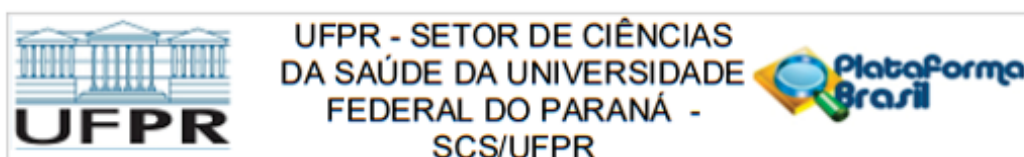
ZACCARO SCELZA, M. F. L.; OLIVEIRA, L. R.; CARVALHO, F. B.; CÔRTE-REAL FARIA, S. In vitro evaluation of macrophage viability after incubation in orange oil, eucalyptol, and chloroform. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, 102, n. 3, p. e24–e27, 2006.

ZANON, C.; PEPE, A.; CADEMARTIRI, F.; BINI, C. et al. Potential benefits of photon-counting CT in dental imaging: a narrative review. **J Clin Med**, 13, n. 8, p. 2436, 2024.

ZHANG, L.; WANG, T.; CAO, Y.; WANG, C. et al. In vivo detection of subtle vertical root fracture in endodontically treated teeth by cone-beam computed tomography. **J Endod**, 45, n. 7, p. 856-862, Jul 2019.

ZHANG, L.; LUO, H. X.; ZHOU, X. D.; TAN, H.; HUANG, D. M. The shaping effect of the combination of two rotary nickel-titanium instruments in simulated S-shaped canals. **J Endod**, 34, n. 4, p. 456-458, Apr 2008.

ANEXO 1 – PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DA EMENDA

Título da Pesquisa: AVALIAÇÃO DO PREPARO MECANIZADO E RETRATAMENTO ENDODÔNTICO DE CANAIS DE RAÍZES MESIAIS DE MOLARES INFERIORES COM DUPLA

Pesquisador: Bruno Cavalini Cavenago

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 01001318.6.0000.0102

Instituição Proponente: Programa de Pós-Graduação em Odontologia

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 5.255.641

Apresentação do Projeto:

Trata-se de emenda do projeto de pesquisa intitulado Avaliação do preparo mecanizado em canais de raízes mesiais de molares inferiores com dupla curvatura apresentado pelo Prof. Bruno Cavalini Cavenago e da aluna de mestrado RENATA MAIRA DE SOUZA LEAL do Programa de Pós-Graduação em Odontologia.

Objetivo da Pesquisa:

Os objetivos inicialmente propostos foram os seguintes:

Objetivo Geral:

De acordo com os pesquisadores os objetivos são:

Avaliar os efeitos decorrentes do preparo de canais radiculares portadores de dupla curvatura com diferentes instrumentos mecânicos rotatórios.

Objetivo Secundário:

Avaliar as características do preparo com instrumentos com diferentes ligas de níquel-titânio, avaliar o transporte do canal, a capacidade de centralização do preparo e áreas não tocadas, avaliar ainda o acúmulo e extrusão de debris.

Endereço: Rua Padre Camargo, 285 - 1º andar

Bairro: Alto da Glória

UF: PR

Município: CURITIBA

CEP: 80.060-240

Telefone: (41)3360-7259

E-mail: cometica.saude@ufpr.br



UFPR - SETOR DE CIÊNCIAS
DA SAÚDE DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DO PARANÁ -
SCS/UFPR



Continuação do Parecer: 5.255.64.1

A presente emenda propõe os seguintes objetivos:

Objetivo Geral

O objetivo deste estudo será avaliar os efeitos decorrentes do preparo e retratamento de canais radiculares portadores de dupla curvatura com diferentes instrumentos mecânico rotatórios.

Objetivos Específicos

Avaliar as características do preparo com instrumentos com diferentes ligas de níquel-titânio, avaliar o transporte do canal, a capacidade de centralização do preparo e áreas não tocadas, avaliar ainda o acúmulo e extrusão de debris.

Determinar o volume do material obturador remanescente, sua possível extrusão, a espessura dentinária remanescente e o transporte do canal após o retratamento dos canais radiculares.

Analisar a influência da dilatação nos terços médio e cervical com instrumentos de diferentes conicidades.

Avaliar um método complementar de limpeza mecânica a ser empregado no retratamento endodôntico.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Os riscos apresentados são: "Contaminação cruzada com as amostras biológicas (dentes humanos) e fratura de instrumento que comprometera a amostra a qual terá que ser substituída, levando ao uso de um número maior de amostras biológicas."

E os benefícios: "Recentes pesquisas avaliaram o preparo de canais com dupla curvatura em blocos de resina, porém neste modelo de estudo os canais sempre apresentam conformação circular, sem presença de achatamentos e istmos, não condizendo com a realidade clínica. Outro fator é que a resistência ao corte (dureza) da resina acrílica e da dentina não são equivalentes, dessa forma o uso de dentes naturais seria de suma importância, porém até o momento não há relatos na literatura de um estudo in vitro a respeito do preparo de canais portadores de dupla, tampouco portadores de complexidades anômicas, como canais mesiais de molares inferiores. O objetivo

Endereço: Rua Padre Camargo, 285 - 1º andar

Bairro: Alto da Glória

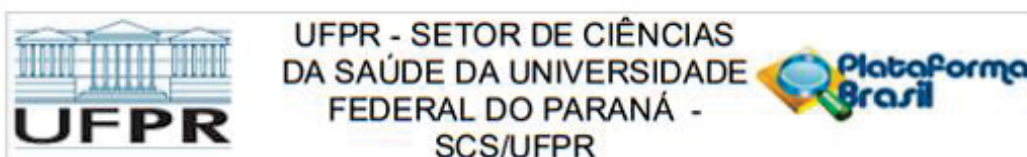
UF: PR

Município: CURITIBA

CEP: 80.060-240

Telefone: (41)3360-7259

E-mail: cometica.saude@ufpr.br



Continuação do Parecer: 5.255.64.1

seria levantar dados que possam gerar um protocolo para o clínico, assim se ele tiver uma base científica melhor ele vai realizar um tratamento mais adequado para a população.”

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A presente emenda solicita as seguintes alterações:

- Mudar o título para "Avaliação do preparo mecanizado e retratamento endodôntico de canais de raízes mesiais de molares inferiores com dupla curvatura.”
- Alterar o cronograma do projeto para término da pesquisa em dezembro/2024
- Na metodologia do projeto foi acrescentado o retratamento

A emenda se justifica pelo fato de a pesquisadora participante poder dar continuidade a linha de pesquisa e continuar o projeto (com esta complementação) durante o curso de doutorado.

O pesquisador principal justifica que como eles terão as amostras com os canais já instrumentados em estudo anterior, será muito oportuno e produtivo utilizá-las para essa nova pesquisa que aqui proposta.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Os termos foram apresentados.

Recomendações:

Não há.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

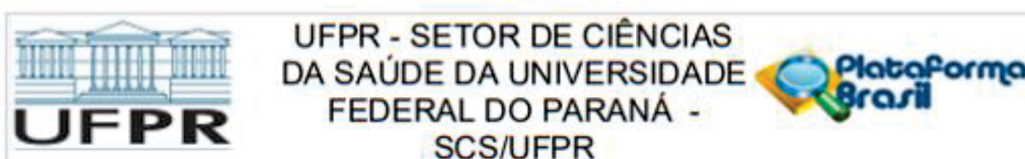
A emenda está bem embasada e justificada. Sou favorável à aprovação.

Considerações Finais a critério do CEP:

01 - Solicitamos que sejam apresentados a este CEP, relatórios semestrais (a cada seis meses de seu parecer de aprovado) e final, sobre o andamento da pesquisa, bem como informações relativas às modificações do protocolo, cancelamento, encerramento e destino dos conhecimentos obtidos, através da Plataforma Brasil - no modo: NOTIFICAÇÃO. Demais alterações e prorrogação de prazo devem ser enviadas no modo EMENDA. Lembrando que o cronograma de execução da pesquisa deve ser atualizado no sistema Plataforma Brasil antes de enviar solicitação de prorrogação de prazo.

Emenda – ver modelo de carta em nossa página: www.cometica.ufpr.br (obrigatório envio).

Endereço: Rua Padre Camargo, 285 - 1º andar	CEP: 80.060-240
Bairro: Alto da Glória	
UF: PR	Município: CURITIBA
Telefone: (41)3360-7259	E-mail: cometica.saude@ufpr.br



Continuação do Parecer: 5.255.64.1

02 - Importante: (Caso se aplique): Pendências de Coparticipante devem ser respondidas pelo acesso do Pesquisador principal.

Para projetos com coparticipante que também solicitam relatórios semestrais, estes relatórios devem ser enviados por Notificação, pelo login e senha do pesquisador principal no CAAE correspondente a este coparticipante, após o envio do relatório à instituição proponente.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_1847857_E1.pdf	01/02/2022 16:27:48		Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_rosto.pdf	01/02/2022 16:27:21	RENATA MAIRA DE SOUZA LEAL	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Emenda_Projeto_de_Pesquisa.docx	30/01/2022 22:03:25	RENATA MAIRA DE SOUZA LEAL	Aceito
Outros	Carta_apresentacao_justificativa.pdf	30/01/2022 21:58:43	RENATA MAIRA DE SOUZA LEAL	Aceito
Outros	Carta_resposta_com_itens_detalhados.pdf.pdf	28/11/2018 19:40:57	RENATA MAIRA DE SOUZA LEAL	Aceito
Outros	Carta_resposta.docx	28/11/2018 19:39:35	RENATA MAIRA DE SOUZA LEAL	Aceito
Outros	Termo_de_concordancia_MEV_EDS.pdf	28/11/2018 19:24:07	RENATA MAIRA DE SOUZA LEAL	Aceito
Outros	Carta_resposta.pdf	11/10/2018 21:56:14	RENATA MAIRA DE SOUZA LEAL	Aceito
Outros	Termo_de_confidencialidade.pdf	09/10/2018 21:50:54	RENATA MAIRA DE SOUZA LEAL	Aceito
Outros	Dispensa_do_termo_de_consentimento.pdf	09/10/2018 21:50:21	RENATA MAIRA DE SOUZA LEAL	Aceito
Outros	Declaração_de_responsabilidade_no_projeto.pdf	09/10/2018 21:45:47	RENATA MAIRA DE SOUZA LEAL	Aceito
Outros	Check_list.pdf	09/10/2018 21:43:14	RENATA MAIRA DE SOUZA LEAL	Aceito
Outros	Declaração_de_uso_especifico_material.pdf	09/10/2018 21:37:59	RENATA MAIRA DE SOUZA LEAL	Aceito
Outros	Termo_de_guarda_de_material_biologico.pdf	09/10/2018 21:37:15	RENATA MAIRA DE SOUZA LEAL	Aceito
Outros	Termo_de_compromisso_para_inicio_da_pesquisa.pdf	09/10/2018 21:25:23	RENATA MAIRA DE SOUZA LEAL	Aceito

Endereço: Rua Padre Camargo, 285 - 1º andar

Bairro: Alto da Glória

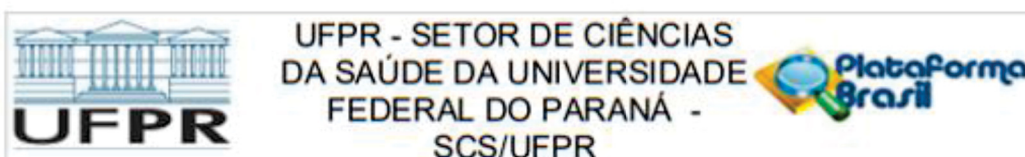
UF: PR

Município: CURITIBA

CEP: 80.060-240

Telefone: (41)3360-7259

E-mail: comescsaude@ufpr.br



Continuação do Parecer: 5.255.641

Outros	Declaracao_de_tomar_publico.pdf	09/10/2018 21:19:50	RENATA MAIRA DE SOUZA LEAL	Aceito
Outros	Concordancia_da_instituicao_coparticip ante.pdf	09/10/2018 21:15:19	RENATA MAIRA DE SOUZA LEAL	Aceito
Outros	Concordancia_dos_servicos_envolvidos BDH.pdf	09/10/2018 21:13:47	RENATA MAIRA DE SOUZA LEAL	Aceito
Outros	Concordancia_dos_servicos_envolvidos. pdf	09/10/2018 21:12:32	RENATA MAIRA DE SOUZA LEAL	Aceito
Outros	Oficio_do_pesquisador_encaminhando_ o_projeto_ao_CEP.pdf	09/10/2018 21:11:49	RENATA MAIRA DE SOUZA LEAL	Aceito
Outros	Ata_de_aprovacao_do_projeto.pdf	09/10/2018 21:09:49	RENATA MAIRA DE SOUZA LEAL	Aceito
Outros	analise_merito.pdf	09/10/2018 21:09:08	RENATA MAIRA DE SOUZA LEAL	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

CURITIBA, 22 de Fevereiro de 2022

Assinado por:
IDA CRISTINA GUBERT
(Coordenador(a))

Endereço: Rua Padre Camargo, 285 - 1º andar

Bairro: Alto da Glória

UF: PR

Município: CURITIBA

Telefone: (41)3360-7259

CEP: 80.060-240

E-mail: cometica.saude@ufpr.br

ANEXO 2 - PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

NH019 2019-09-03



Universitaire
Ziekenhuizen
Leuven

Ethische Commissie Zorg



To Dr. Pieter-Jan Verhelst

Leuven, 07-10-2019.

Study: : *Humane kadaverstudie voor beeldvorming van de onderkaak binnen OMFS-IMPACT*

Dear Dr Verhelst,

On its meeting of 24-09-2019, the ethical review board of the faculty of medicine of the KU Leuven and the Leuven University Hospitals (Ethical Committee –Care), has given a positive advise for this study, under the condition that the cadaveric tissue is obtained from people who donated their dead body for scientific research.
Transport of cadaveric material should be carried out according to official requirements.

This study was registered at the Belgian National Council for Bioethics
(number *NH019 2019-09-03*).

Professor Martin Hiele
President of the Ethical Review Board

ANEXO 3 – NORMAS PARA PUBLICAÇÃO DO JORNAL THE SAUDI DENTAL JOURNAL

7 SUBMISSION GUIDELINES

7.1 CONTENTS

- ❓ [Instructions for Authors](#)
 - [General Information](#)
 - [Types of articles](#)
 - [Manuscript submission](#)
 - [Editorial procedure](#)
 - [Title page](#)
 - [Text](#)
 - [Scientific style](#)
 - [References](#)
 - [Tables](#)
 - [Artwork and Illustrations Guidelines](#)
 - [Supplementary Information \(SI\)](#)
 - [After Acceptance](#)
 - [Open Choice](#)
 - [Ethical Responsibilities of Authors](#)
 - [Competing Interests](#)
 - [Research involving human participants, their data or biological material](#)
 - [Research involving animals, their data or biological material](#)
 - [Informed consent](#)
 - [Authorship principles](#)
- ❓ [Open access publishing](#)
- ❓ [Mistakes to avoid during manuscript preparation](#)

7.2 INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

7.2.1 General Information

7.2.1.1 Preparation of manuscripts

All manuscripts must be written in English. Authors who are not fluent in English must seek the assistance of a colleague who is a native English speaker and is familiar with the field of the work. Manuscripts that have been extensively modified in the editorial process will be returned to the authors for retyping.

For papers that include original statistical analysis, it is strongly recommended that a statistician review the methodology and be listed as an author of the manuscript. Alternatively, the statistician should be acknowledged at the end of the manuscript.

For your convenience, please use the Author Submission Checklist to ensure that you have met all of our requirements prior to submission.

[Author Submission Checklist \(Download pdf, 41 kB\)](#)

7.2.1.2 Editorial Policies

The *Editors of Saudi Dental Journal* adhere to recommendations of the [International Committee of Medical Journal Editors \(ICMJE\)](#).

Please note that the journal uses software to screen for plagiarism. Manuscripts that have high similarity to the published sources might be rejected before peer review.

Posting of preprints is not considered prior publication and will not jeopardize consideration. Authors are encouraged to disclose details of preprint posting, including DOI, upon submission of the manuscript in the cover letter.

Large Language Models (LLMs), such as [ChatGPT](#), do not currently satisfy our [authorship criteria](#). Notably an attribution of authorship carries with it accountability for the work, which cannot be effectively applied to LLMs. Use of an LLM should be properly documented in the Methods section (and if a Methods section is not available, in a suitable alternative part) of the manuscript.

7.2.2 Types of articles

Articles may be in the form of original articles or review articles. **Currently, the journal is not accepting Case reports and Questionnaire-based studies.** The text of original articles should not exceed 4,500 words (excluding references) and should be arranged as follows: (1) Introduction; (2) Materials and methods; (3) Results; and (4) Discussion.

- ❑ Not only solicited review articles but also unsolicited review articles are considered for publication. All review articles are subjected to editorial assessment of their suitability for publication. The text of review articles should not exceed 5,000 words (excluding references).

7.2.3 Manuscript submission

Submission of a manuscript implies: that the work described has not been published before; that it is not under consideration for publication anywhere else; that its publication has been approved by all co-authors, if any, as well as by the responsible authorities – tacitly or explicitly – at the institute where the work has been carried out. The publisher will not be held legally responsible should there be any claims for compensation.

A certification form must be signed by the corresponding author and then uploaded at the time of submission.

7.2.3.1 Permissions

Authors wishing to include figures, tables, or text passages that have already been published elsewhere are required to obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format and to include evidence that such permission has been granted when submitting their papers. Any material received without such evidence will be assumed to originate from the authors.

7.2.3.2 Online submission

Please follow the hyperlink “Submit manuscript” on the right and upload all of your manuscript files following the instructions given on the screen.

Please ensure you provide all relevant editable source files. Failing to submit these source files might cause unnecessary delays in the review and production process.

7.2.4 Editorial procedure

7.2.4.1 Double-blind peer review

This journal follows a double-blind reviewing procedure. This means that the author will remain anonymous to the reviewers throughout peer review. It is the responsibility of the author to anonymize the manuscript and any associated materials.

- ❑ Author names, affiliations and any other potentially identifying information should be removed from the manuscript text and any accompanying files (such as figures of supplementary material);
- ❑ A separate Title Page should be submitted, containing title, author names, affiliations, and the contact information of the corresponding author. Any acknowledgements, disclosures, or funding information should also be included on this page;
- ❑ Authors should avoid citing their own work in a way that could reveal their identity.

This journal also publishes special/guest-edited issues. The peer review process for these articles is the same as the peer review process of the journal in general.

Additionally, if a guest editor authors an article in their issue/collection, they will not handle the peer review process.

7.2.4.2 Editorial Procedure—additional information

After technical checks and screening for English quality, all new submissions are automatically screened using CrossCheck within the editorial system to detect cases of suspected plagiarism. Editors can also run a similarity report at any other point during the review process or post-publication. *Saudi Dental Journal* follows a double-blind peer review process. Although the Editors of *Saudi Dental Journal* strive for the most timely and efficient process for peer review, our over-arching goal is to provide substantive reviews to our authors along with constructive suggestions for improvements and clarifications when needed. Manuscripts submitted to *Saudi Dental Journal* are usually reviewed by two referees selected from the relevant worldwide research community together with one Associate Editor. For revisions of prior submissions, it is common for suggested major revisions to be re-evaluated by the original referees, but articles requiring only minor revisions are often only re-evaluated by the original Associate Editors and Editors-in-Chief. The reviewers handling a paper are all anonymous and are invited by the manuscript's Associate Editors, who also remain anonymous and are selected by the Editors-in-Chief. Although Associate Editors are tasked with making recommendations on each submission that they handle and can request revisions as well, only the Editors-in-Chief can make a final decision to accept or reject an article.

When selecting reviewers, the editorial board seeks to avoid conflicts of interest and close associates of the authors, such as frequent collaborators, former advisees, or former advisors. *Saudi Dental Journal* accepts manuscript submissions from its own editorial board members in cases in which the identities of the Associate Editor and referees handling the manuscript can remain fully confidential. To be accepted, manuscripts submitted by editorial board members must meet the same quality standards as all other accepted submissions; there is absolutely no special preference or consideration given to such submissions.

Saudi Dental Journal also publishes special issues. The peer review process of any submission associated with a special issue is handled by Guest Editors who are responsible for assigning at least two referees to each article and evaluating the reviews. Like our Associate Editors, Guest Editors make recommendations and request and evaluate revisions, but only the Editors-in-Chief can make final decisions of accept or reject on any special issue article. Any articles submitted to a special issue by Guest Editors are also handled confidentially by Associate Editors outside of the normal refereeing process of the special issue to ensure that the evaluation of these articles is completely objective.

7.2.5 Title page

Please make sure your title page contains the following information.

7.2.5.1 Title

The title should be concise and informative.

7.2.5.2 Author information

- ☐ The name(s) of the author(s)
- ☐ The affiliation(s) of the author(s), i.e. institution, (department), city, (state), country
- ☐ A clear indication and an active e-mail address of the corresponding author
- ☐ If available, the 16-digit [ORCID](#) of the author(s)

If address information is provided with the affiliation(s) it will also be published.

For authors that are (temporarily) unaffiliated we will only capture their city and country of residence, not their e-mail address unless specifically requested.

Large Language Models (LLMs), such as [ChatGPT](#), do not currently satisfy our [authorship criteria](#). Notably an attribution of authorship carries with it accountability for the work, which cannot be effectively applied to LLMs. Use of an LLM should be properly documented in the Methods section (and if a Methods section is not available, in a suitable alternative part) of the manuscript.

7.2.5.3 Abstract

Please provide a structured abstract of 150 to 250 words which should be divided into the following sections:

- ☐ Purpose (stating the main purposes and research question)
- ☐ Methods
- ☐ Results

❑ Conclusions

Please note: For some articles (particularly, systematic reviews and original research articles), 250 words may not be sufficient to provide all necessary information in the abstract. Therefore, the abstract length can be increased from the 250-word limit (to up to 450 words) if the topic dictates, and to allow full compliance with the relevant reporting guidelines.

For life science journals only (when applicable)

- ❑ Trial registration number and date of registration for prospectively registered trials
- ❑ Trial registration number and date of registration, followed by “retrospectively registered”, for retrospectively registered trials

7.2.5.4 Keywords

Please provide 4 to 6 keywords which can be used for indexing purposes.

7.2.5.5 Acknowledgements

An Acknowledgment section may be included to acknowledge, for example, people who have assisted with aspects of the work (but who do not qualify as authors), disclaimers, collaborations, etc.

7.2.5.6 Statements and Declarations

The following statements should be included under the heading "Statements and Declarations" for inclusion in the published paper. Please note that submissions that do not include relevant declarations will be returned as incomplete.

- ❑ **Competing Interests:** Authors are required to disclose financial or non-financial interests that are directly or indirectly related to the work submitted for publication. Please refer to “Competing Interests and Funding” below for more information on how to complete this section.

7.2.6 Text

7.2.6.1 Text formatting

Manuscripts should be submitted in Word.

- Use a normal, plain font (e.g., 10-point Times Roman) for text.
- Use italics for emphasis.
- Use the automatic page-numbering function to number the pages.
- Do not use field functions.
- Use tab stops or other commands for indents, not the space bar.
- Use the table function, not spreadsheets, to make tables.

- Use the equation editor or MathType for equations.
- Save your file in docx format (Word 2007 or higher) or doc format (older Word versions).

Headings

Please use no more than three levels of displayed headings.

Abbreviations

Abbreviations should be defined at first mention and used consistently thereafter.

Footnotes

Footnotes can be used to give additional information, which may include the citation of a reference included in the reference list. They should not consist solely of a reference citation, and they should never include the bibliographic details of a reference. They should also not contain any figures or tables. Footnotes to the text are numbered consecutively; those to tables should be indicated by superscript lowercase letters (or asterisks for significance values and other statistical data). Footnotes to the title or the authors of the article are not given reference symbols. Always use footnotes instead of endnotes.

Acknowledgments

Acknowledgments of people, grants, funds, etc. should be placed in a separate section before the reference list. The names of funding organizations should be written in full.

7.2.6.2 Statements and Declarations

The following statements should be included under the heading "Statements and Declarations" for inclusion in the published paper. Please note that submissions that do not include relevant declarations will be returned as incomplete.

- ❑ **Funding:** information that explains whether and by whom the research was supported)
- ❑ **Competing Interests:** Authors are required to disclose financial or non-financial interests that are directly or indirectly related to the work submitted for publication. Please refer to "Competing Interests and Funding" below for more information on how to complete this section.
- ❑ **Ethics Approval:** include appropriate approvals or waivers.
- ❑ **Informed Consent:** include appropriate statements.
- ❑ **Data Availability:** This statement should explain how to access data supporting the results and analysis in the article, including links/citations to publicly archived datasets analysed or generated during the study.

Please see the relevant sections in the submission guidelines for further information as well as various examples of wording. Please revise/customize the sample statements according to your own needs.

7.2.7 Scientific style

- ❑ Please always use internationally accepted signs and symbols for units ([SI units](#)).
- ❑ **Nomenclature:** Insofar as possible, authors should use systematic names similar to those used by [IUPAC](#).
- ❑ **Genus and species names** should be in italics.
- ❑ **Generic names** of drugs and pesticides are preferred; if trade names are used, the generic name should be given at first mention.

7.2.8 References

7.2.8.1 Citation

Cite references in the text in alphabetical order first, and chronological order second. Some examples:

1. Negotiation research spans many disciplines (Thompson 1990).
2. This result was later contradicted by Becker and Seligman (1996).
3. This effect has been widely studied (Abbott 2002; Barakat et al. 1995a, b; Kelso and Smith 1990; Medvec et al. 1999, 2000).

7.2.8.2 Reference list

The list of references should only include works that are cited in the text and that have been published or accepted for publication. Personal communications and unpublished works should only be mentioned in the text.

Reference list entries should be alphabetized by the last names of the first author of each work. Please alphabetize according to the following rules: 1) For one author, by name of author, then chronologically; 2) For two authors, by name of author, then name of coauthor, then chronologically; 3) For more than two authors, by name of first author, then chronologically.

If available, please always include DOIs as full DOI links in your reference list (e.g. “<https://doi.org/abc>”).

❑ Journal article

Gamelin FX, Baquet G, Berthoin S, Thevenet D, Nourry C, Nottin S, Bosquet L (2009) Effect of high intensity intermittent training on heart rate variability in prepubescent children. *Eur J Appl Physiol* 105:731-738. <https://doi.org/10.1007/s00421-008-0955-8>

Ideally, the names of all authors should be provided, but the usage of “et al” in long author lists will also be accepted:

Smith J, Jones M Jr, Houghton L et al (1999) Future of health insurance. *N Engl J Med* 341:325–329

❑ Article by DOI

Slifka MK, Whitton JL (2000) Clinical implications of dysregulated cytokine production. *J Mol Med*. <https://doi.org/10.1007/s001090000086>

❑ Book

South J, Blass B (2001) *The future of modern genomics*. Blackwell, London

❑ Book chapter

Brown B, Aaron M (2001) The politics of nature. In: Smith J (ed) *The rise of modern genomics*, 3rd edn. Wiley, New York, pp 230-257

❑ Online document

Doe J (1999) Title of subordinate document. In: *The dictionary of substances and their effects*. Royal Society of Chemistry. Available via DIALOG. <http://www.rsc.org/dose/title> of subordinate document.

Accessed 15 Jan 1999

Always use the standard abbreviation of a journal's name according to the ISSN List of Title Word Abbreviations, see

[ISSN.org LTWA](http://www.issn.org/LTWA)

If you are unsure, please use the full journal title.

7.2.9 Tables

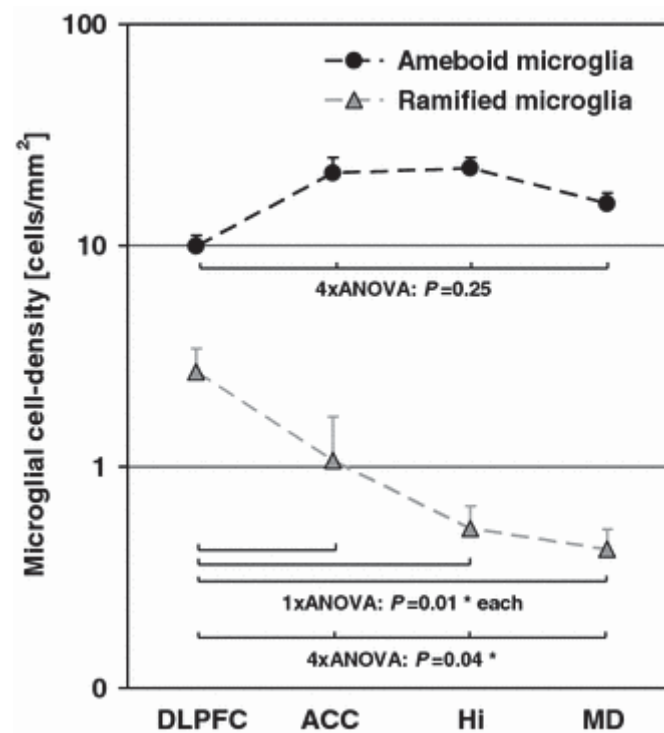
- ❑ All tables are to be numbered using Arabic numerals.
- ❑ Tables should always be cited in text in consecutive numerical order.
- ❑ For each table, please supply a table caption (title) explaining the components of the table.
- ❑ Identify any previously published material by giving the original source in the form of a reference at the end of the table caption.
- ❑ Footnotes to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data) and included beneath the table body.

7.2.10 Artwork and Illustrations Guidelines

7.2.10.1 Electronic Figure Submission

- ❑ Supply all figures electronically.
- ❑ Indicate what graphics program was used to create the artwork.
- ❑ For vector graphics, the preferred format is EPS; for halftones, please use TIFF format. MSOffice files are also acceptable.
- ❑ Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files.
- ❑ Name your figure files with "Fig" and the figure number, e.g., Fig1.eps.

7.2.10.2 Line Art



- ❑ Definition: Black and white graphic with no shading.
- ❑ Do not use faint lines and/or lettering and check that all lines and lettering within the figures are legible at final size.
- ❑ All lines should be at least 0.1 mm (0.3 pt) wide.
- ❑ Scanned line drawings and line drawings in bitmap format should have a minimum resolution of 1200 dpi.
- ❑ Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files.

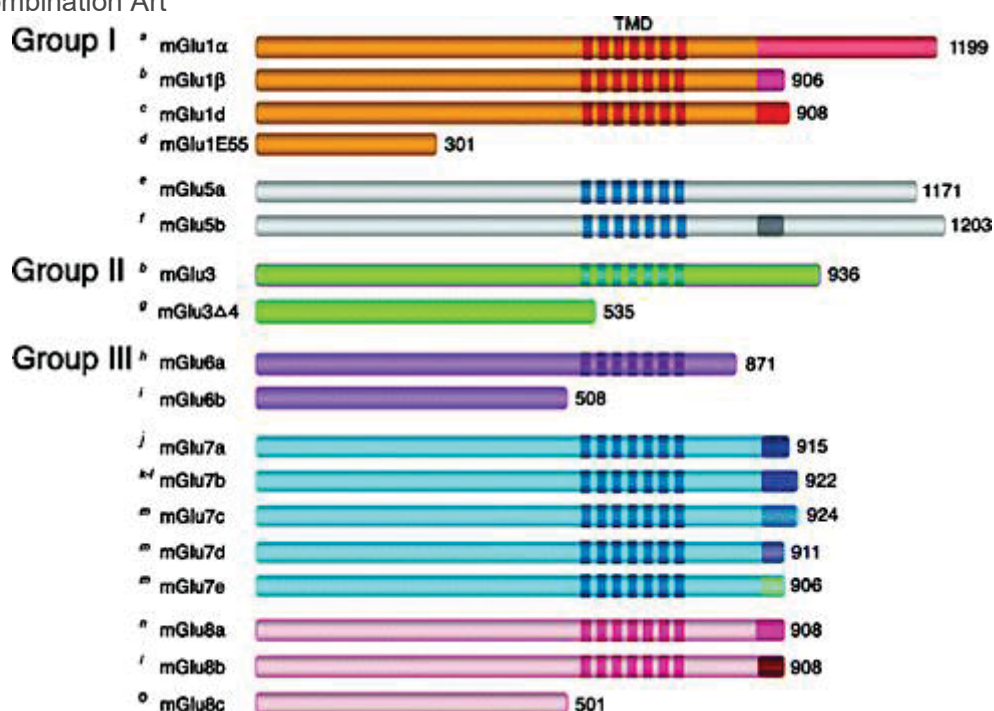
7.2.10.3 Halftone Art



- ❑ Definition: Photographs, drawings, or paintings with fine shading, etc.

- ☐ If any magnification is used in the photographs, indicate this by using scale bars within the figures themselves.
- ☐ Halftones should have a minimum resolution of 300 dpi.

7.2.10.4 Combination Art



- ☐ Definition: a combination of halftone and line art, e.g., halftones containing line drawing, extensive lettering, color diagrams, etc.
- ☐ Combination artwork should have a minimum resolution of 600 dpi.

7.2.10.5 Color Art

- ☐ Color art is free of charge for online publication.
- ☐ If black and white will be shown in the print version, make sure that the main information will still be visible. Many colors are not distinguishable from one another when converted to black and white. A simple way to check this is to make a xerographic copy to see if the necessary distinctions between the different colors are still apparent.
- ☐ If the figures will be printed in black and white, do not refer to color in the captions.
- ☐ Color illustrations should be submitted as RGB (8 bits per channel).

7.2.10.6 Figure Lettering

- ☐ To add lettering, it is best to use Helvetica or Arial (sans serif fonts).
- ☐ Keep lettering consistently sized throughout your final-sized artwork, usually about 2–3 mm (8–12 pt).
- ☐ Variance of type size within an illustration should be minimal, e.g., do not use 8-pt type on an axis and 20-pt type for the axis label.
- ☐ Avoid effects such as shading, outline letters, etc.
- ☐ Do not include titles or captions within your illustrations.

7.2.10.7 Figure Numbering

- ❑ All figures are to be numbered using Arabic numerals.
- ❑ Figures should always be cited in text in consecutive numerical order.
- ❑ Figure parts should be denoted by lowercase letters (a, b, c, etc.).
- ❑ If an appendix appears in your article and it contains one or more figures, continue the consecutive numbering of the main text. Do not number the appendix figures, "A1, A2, A3, etc." Figures in online appendices [Supplementary Information (SI)] should, however, be numbered separately.

7.2.10.8 Figure Captions

- ❑ Each figure should have a concise caption describing accurately what the figure depicts. Include the captions in the text file of the manuscript, not in the figure file.
- ❑ Figure captions begin with the term **Fig.** in bold type, followed by the figure number, also in bold type.
- ❑ No punctuation is to be included after the number, nor is any punctuation to be placed at the end of the caption.
- ❑ Identify all elements found in the figure in the figure caption; and use boxes, circles, etc., as coordinate points in graphs.
- ❑ Identify previously published material by giving the original source in the form of a reference citation at the end of the figure caption.

7.2.10.9 Figure Placement and Size

- ❑ Figures should be submitted within the body of the text. Only if the file size of the manuscript causes problems in uploading it, the large figures should be submitted separately from the text.
- ❑ When preparing your figures, size figures to fit in the column width.
- ❑ For large-sized journals the figures should be 84 mm (for double-column text areas), or 174 mm (for single-column text areas) wide and not higher than 234 mm.
- ❑ For small-sized journals, the figures should be 119 mm wide and not higher than 195 mm.

ANEXO 4 – NORMAS PARA PUBLICAÇÃO DO JORNAL AUSTRALIAN ENDODONTIC JOURNAL

1. SUBMISSION

Thank you for your interest in *Australian Endodontic Journal*. Note that submission implies that the content has not been published or submitted for publication elsewhere except as a brief abstract in the proceedings of a scientific meeting or symposium.

New submissions should be made via the Research Exchange submission portal (<https://wiley.atyponrex.com/journal/AEJ>). Should your manuscript proceed to the revision stage, you will be directed to make your revisions via the same submission portal. You may check the status of your submission at anytime by logging on to [submission.wiley.com](https://www.wiley.com) and clicking the “My Submissions” button. For technical help with the submission system, please review our FAQs or contact submissionhelp@wiley.com.

Submissions via the new Research Exchange portal can be uploaded either as a single document (containing the main text, tables and figures), or with figures and tables provided as separate files. Should your manuscript reach revision stage, figures and tables must be provided as separate files. The main manuscript file can be submitted in Microsoft Word (.doc or .docx) or LaTeX (.tex) formats. For submission, low-resolution figures saved as .jpg or .bmp files should be uploaded, for ease of transmission during the review process. Upon acceptance of the article, high-resolution figures (at least 300 d.p.i.) saved as .eps or .tif files will be required.

If submitting your manuscript file in LaTeX format via Research Exchange, select the file designation “Main Document – LaTeX .tex File” on upload. When submitting a Latex Main Document, you must also provide a PDF version of the manuscript for Peer Review. Please upload this file as “Main Document - LaTeX PDF.” All supporting files that are referred to in the Latex Main Document should be uploaded as a “LaTeX Supplementary File.”

Cover Letters and Conflict of Interest statements may be provided as separate files, included in the manuscript, or provided as free text in the submission system. A statement of funding (including grant numbers, if applicable) should be included in the “Acknowledgements” section of your manuscript.

On initial submission, the submitting author will be prompted to provide the email address and country for all contributing authors.

The submission system will prompt you to use an ORCID (a unique author identifier) to help distinguish your work from that of other researchers. Click [here](#) to find out more.

We look forward to your submission.

2. AIMS AND SCOPE

The *Australian Endodontic Journal* is the official journal of the Australian Society of Endodontology. It publishes original research articles dealing with endodontics and dental traumatology. Papers in any of the following fields will be considered: endodontic treatment, endodontic research, management of dental trauma, research into dental trauma, historical articles on endodontology.

3. MANUSCRIPT CATEGORIES AND REQUIREMENTS

- ❑ **Original Research** - reports of new research findings or conceptual analyses that make a significant contribution to knowledge (3500 word limit).
- ❑ **Scholarly Review** - critical reviews of the literature, including systematic reviews and meta-analyses (5000 word limit).
- ❑ **Clinical Research Update**
- ❑ **Case Reports**
- ❑ **Letter to the Editor** - are welcomed (1000 word limit).
- ❑ **Invited Article**

4. PREPARING YOUR SUBMISSION

4.1 FORMAT

Format and Style

Manuscripts should follow the style of the Vancouver agreement detailed in the International Committee of Medical Journal Editors' revised 'Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical Journals: Writing and Editing for Biomedical Publication', as presented at <http://www.ICMJE.org/>.

Spelling. The journal uses Australian spelling and authors should therefore follow the latest edition of the Macquarie Dictionary.

Units. All measurements must be given in SI or SI-derived units. Please go to the Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) website at <http://www.bipm.fr> for more information about SI units.

Abbreviations. Abbreviations should be used sparingly – only where they ease the reader's task by reducing repetition of long, technical terms. Initially use the word in full, followed by the abbreviation in parentheses. Thereafter use the abbreviation only.

Trade names. Chemical substances should be referred to by the generic name only. Trade names should not be used. Drugs should be referred to by their generic names. If proprietary drugs have been used in the study, refer to these by their generic name, mentioning the proprietary name, and the name and location of the manufacturer, in parentheses.

Parts of the Manuscript

The manuscript should be submitted in separate files: title page; main text file; figures.

Title page

The title page should contain:

- (i) A short informative title that contains the major key words. The title should not contain abbreviations. A short running title (less than 40 characters) should also be provided.
- (ii) The full names of the authors
- (iii) The addresses of the author's affiliated institutions at which the work was carried out
- (iv) An authorship declaration
- (v) The full postal and email address, plus telephone numbers, of the author to whom correspondence about the manuscript should be sent
- (vi) acknowledgements
- (vii) disclosure statement

The present address of any author, if different from that where the work was carried out, should be supplied in a footnote.

Authorship Declaration

This must acknowledge i) that all authors have contributed significantly, and ii) that all authors are in agreement with the manuscript.

Acknowledgements

The source of financial grants and other funding must be acknowledged, including a frank declaration of the authors' industrial links and affiliations. The contribution of colleagues or institutions should also be acknowledged. Personal thanks and thanks to anonymous reviewers are not appropriate.

Disclosure statement

Authors must declare any financial support or relationships that may pose conflict of interest by disclosing any financial arrangements they have with a company whose product figures prominently in the submitted manuscript or with a company making a competing product, or any conflict relating to technology or methodology. The absence of any interest to disclose must also be stated.

Main text file

Manuscripts should be presented in the following order: (i) title, abstract and key words, (ii) text, (iii) references, (iv) appendices, (v) tables (each table complete with title and footnotes) and (vi) figures. Figures and supporting information should be supplied in separate files. Footnotes to the text are not allowed and any such material should be incorporated into the text as parenthetical matter.

Abstract and key words

All articles must have a brief abstract that states in 150 words or fewer the purpose, basic procedures, main findings and principal conclusions of the study. The abstract should not contain abbreviations or references.

Five key words, for the purposes of indexing, should be supplied below the abstract, in alphabetical order, and should be taken from those recommended by the US National Library of Medicine's Medical Subject Headings (MeSH) browser list at <http://www.nlm.nih.gov/mesh/meshhome.html>.

Text

Authors should use the following subheadings to divide the sections of their manuscript: Introduction, Materials and Methods, Results and Discussion.

Acknowledgements

The source of financial grants and other funding must be acknowledged, including a frank declaration of the authors' industrial links and affiliations. The contribution of colleagues or institutions should also be acknowledged. Personal thanks and thanks to anonymous reviewers are not appropriate.

References

- ❑ The Vancouver system of referencing should be used (examples are given below). In the text, references should be cited with parentheses and should appear in front of the full point or comma at the end of the sentence/clause.

- ☐ References should be numbered consecutively in the order in which they appear in the text. If cited in tables or figure legends, number according to the first identification of the table or figure in the text.
- ☐ The maximum number of references for scientific articles, case reports and clinical updates is 30; There is no limit on the number of references in literature reviews and lecture précis.
- ☐ In the reference list, cite the names of all authors when there are six or fewer; when seven or more, list the first three followed by et al.
- ☐ Do not use *ibid.* or *op cit.*
- ☐ Reference to unpublished data and personal communications should not appear in the list but should be cited in the text only (e.g. Smith A, 2000, unpublished data).
- ☐ All citations mentioned in the text, tables or figures must be listed in the reference list.
- ☐ Names of journals should be abbreviated in the style used in Index Medicus.
- ☐ Authors are responsible for the accuracy of the references.

References should be listed in the following form:

Journal article:

1. Vega KJ, Pina I, Krevsky B. Heart transplantation is associated with an increased risk for pancreatobiliary disease. *Ann Intern Med* 1996; 124: 980–3.

Book

2. Ringsven MK, Bond D. Gerontology and leadership skills for nurses. 2nd ed. Albany, NY: Delmar Publishers; 1996.

Chapter in a Book

3. Phillips SJ, Whisnant JP. Hypertension and stroke. In: Laragh JH, Brenner BM, eds. *Hypertension: pathophysiology, diagnosis, and management*. 2nd ed. New York: Raven Press; 1995. pp. 465–78.

Web page

4. National Health and Medical Research Council. Clinical practice guidelines for the management of early breast cancer. 2nd ed. [PDF on Internet]. Canberra: Commonwealth of Australia, [updated 6 September 2003; cited 3 March 2004]. Available from: www.nhmrc.gov.au/publiactions/pdfcp74.pdf

Tables

Tables should be self-contained and complement, but not duplicate, information contained in the text. Number tables consecutively in the text in Arabic numerals. Type tables on a separate page with the legend above. Legends should be concise but comprehensive – the table, legend and footnotes must be understandable without reference to the text. Vertical lines should not be used to separate columns. Column headings should be brief, with units of measurement in parentheses; all abbreviations must be defined in footnotes. Footnote symbols: †, ‡, §, ¶, should be used (in that order) and *, **, *** should be reserved for P-values. Statistical measures such as SD or SEM should be identified in the headings.

Figure Legends

Legends should be concise but comprehensive – the figure and its legend must be understandable without reference to the text. Include definitions of any symbols used and define/explain all abbreviations and units of measurement.

Figures

All illustrations (line drawings and photographs) are classified as figures. Figures should be numbered using Arabic numerals, and cited in consecutive order in the text. Each figure should be supplied as a separate file, with the figure number incorporated in the file name.

Preparation of Electronic Figures for Publication. Although we encourage authors to send us the highest-quality figures possible, for peer-review purposes we are happy to accept a wide variety of formats, sizes, and resolutions. [Click here](#) for the basic figure requirements for figures submitted with manuscripts for initial peer review, as well as the more detailed post-acceptance figure requirements.

Further information can be obtained at Wiley's guidelines for figures: <http://authorservices.wiley.com/bauthor/illustration.asp>

Supporting Information

Supporting information is information that is not essential to the article but that provides greater depth and background. It is hosted online, and appears without editing or typesetting. It may include tables, figures, videos, datasets, etc. [Click here](#) for Wiley's FAQs on supporting information.

Note, if data, scripts or other artefacts used to generate the analyses presented in the paper are available via a publicly available data repository, authors should include a reference to the location of the material within their paper.

Please note that the provision of supporting information is not encouraged as a general rule. It will be assessed critically by reviewers and editors and will only be accepted if it is essential.

Wiley Author Resources

Manuscript Preparation Tips: Wiley has a range of resources for authors preparing manuscripts for submission available [here](#). In particular, authors may benefit from referring to Wiley's best practice tips on [Writing for Search Engine Optimization](#).

Editing, Translation, and Formatting Support: [Wiley Editing Services](#) can greatly improve the chances of a manuscript being accepted. Offering expert help in English language editing, translation, manuscript formatting, and figure preparation, Wiley Editing Services ensures that the manuscript is ready for submission.

4.2 REPORTING GUIDELINES

Case reports

Case reports should be written to comply with the Preferred Reporting Items for Case reports in Endodontics (PRICE) 2020 guidelines. When submitting manuscripts that have been written using the PRICE 2020 guidelines, authors should include the following statement in the beginning of "Report" section: "This case report has been written according to Preferred Reporting Items for Case reports in Endodontics (PRICE) 2020 guidelines."

A PRICE checklist (for editors/referees) and flowchart (as a Figure to be included in the manuscript for readers) should also be completed and included in the submission material. The PRICE 2020 checklist and flowchart can be downloaded from: <http://pride-endodonticguidelines.org/price/>.

It is recommended that authors consult the following papers when writing case reports, which explains the rationale for the PRICE 2020 guidelines and their importance.

Nagendrababu V, Chong BS, McCabe P, Shah PK, Priya E, Jayaraman J, Pulikkotil SJ, Setzer FC, Sunde PT, Dummer PMH (2020) PRICE 2020 guidelines for reporting case reports in Endodontics: a consensus-based development. *International Endodontic Journal* **53**, 619-26. (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/32090342>)

Nagendrababu V, Chong BS, McCabe P, Shah PK, Priya E, Jayaraman J, Pulikkotil SJ, Dummer PMH (2020) PRICE 2020 guidelines for reporting case reports in Endodontics: Explanation and elaboration. *International Endodontic Journal* **53**, 922-47. (<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/iej.13300>)

Randomised clinical trials

Randomised clinical trials should be reported to comply with the Preferred Reporting Items for RAnomized Trials in Endodontics (PRIRATE) 2020 guidelines (Nagendrababu *et al.* 2020, doi: 10.1111/iej.13294).

When submitting manuscripts that have been written using the PRIRATE 2020 guidelines, authors should include the following statement in the beginning of “Materials and Methods” section: “This randomised clinical trial has been written according to Preferred Reporting Items for RAnomized Trials in Endodontics (PRIRATE) 2020 guidelines (Nagendrababu *et al.* 2020, doi: 10.1111/iej.13294).

A PRIRATE 2020 checklist (for editors/referees) and flowchart (as a Figure to be included in the manuscript for readers) should also be completed and included in the submission material. The PRIRATE 2020 checklist and flowchart can be downloaded from: <http://pride-endodonticguidelines.org/prirate/>

It is recommended that authors consult the following papers when writing manuscripts, which explains the rationale for the PRIRATE 2020 guidelines and their importance:

Nagendrababu V, Duncan HF, Bjørndal L, Kvist T, Priya E, Jayaraman J, Pulikkotil SJ, Pigg M, Rechenberg DK, Vaeth M, Dummer PMH (2020) PRIRATE 2020 guidelines for reporting randomized trials in Endodontics: a consensus-based development. *International Endodontic Journal* **53**, 764-73. (<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/iej.13294>)

Nagendrababu V, Duncan HF, Bjørndal L, Kvist T, Priya E, Jayaraman J, Pulikkotil SJ, Dummer PMH (2020) PRIRATE 2020 guidelines for reporting randomized trials in Endodontics: Explanation and elaboration. *International Endodontic Journal* **53**, 774-03. (<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/iej.13304>)

Animal studies

Animal studies should be written using the Preferred Reporting Items for Animal Studies in Endodontology (PRIASE) 2021 guidelines (Nagendrababu *et al.* 2021, doi: 10.1111/iej.13477).

When submitting manuscripts that have been written using the PRIASE 2021 guidelines, authors should include the following statement in the beginning of “Materials and Methods” section: “The manuscript of this animal study has been written according to Preferred Reporting Items for Animal studies in Endodontology (PRIASE) 2021 guidelines (Nagendrababu *et al.* 2021, doi: 10.1111/iej.13477).

A PRIASE 2021 checklist (for editors/referees) and flowchart (as a Figure to be included in the manuscript for readers) should also be completed and included in the submission material. The PRIASE 2021 checklist and flowchart can be downloaded from: <http://pride-endodonticguidelines.org/priase/>

It is recommended that authors consult the following papers when writing manuscripts, which explain the rationale for the PRIASE 2021 guidelines and their importance:

Nagendrababu V, Kishen A, Murray PE, Nekoofar MH, de Figueiredo JA, Priya E, Jayaraman J, Pulikkotil SJ, Camilleri J, RM S, Dummer PMH (2021) PRIASE 2021 guidelines for reporting animal studies in Endodontology: a consensus-based development. *International Endodontic Journal* **54**, 848-57. (<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/iej.13477>)

Nagendrababu V, Kishen A, Murray PE, Nekoofar MH, de Figueiredo JA, Priya E, Jayaraman J, Pulikkotil SJ, Jakovljevic A, Dummer PMH (2021) PRIASE 2021 guidelines for reporting animal studies in Endodontology: Explanation and Elaboration. *International Endodontic Journal* **54**, 858-86. (<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/iej.13481>)

Laboratory studies

Laboratory studies should be reported using the Preferred Reporting Items for Laboratory studies in Endodontology (PRILE) 2021 guidelines (Nagendrababu *et al.* 2021, doi: 10.1111/iej.13542).

When submitting manuscripts that have been written using the PRILE 2021 guidelines, authors should include the following statement in the beginning of “Materials and Methods” section: “The manuscript of this laboratory study has been written according to Preferred Reporting Items for Laboratory studies in Endodontology (PRILE) 2021 guidelines (Nagendrababu *et al.* 2021, doi: 10.1111/iej.13542).

A PRILE checklist (for editors/referees) and flowchart (as a Figure to be included in the manuscript for readers) should also be completed and included in the submission material The PRILE 2021 checklist and flowchart can be downloaded from: <http://pride-endodonticguidelines.org/prile/>

It is recommended that authors consult the following papers when writing manuscripts, which explain the rationale for the PRILE 2021 guidelines and their importance:

Nagendrababu V, Murray PE, Ordinola-Zapata R, OA Peters, IN Rôças, JF Siqueira Jr, E Priya, J Jayaraman, SJ Pulikkotil, J Camilleri, C Boutsioukis, G Rossi-Fedele, PMH Dummer (2021) PRILE 2021 guidelines for reporting laboratory studies in Endodontics: a consensus-based development. *International Endodontic Journal* **54**, 1482-1490. doi: 10.1111/iej.13542. (<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/iej.13542>)

Nagendrababu V, Murray PE, Ordinola-Zapata R, OA Peters, IN Rôças, JF Siqueira Jr, E Priya, J Jayaraman, SJ Pulikkotil, N Suresh, PMH Dummer (2021) PRILE 2021 guidelines for reporting laboratory studies in Endodontics: Explanation and elaboration. *International Endodontic Journal* **54**, 1491-1515. doi: 10.1111/iej.13565. (<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/iej.13565>)

5. EDITORIAL POLICIES AND ETHICAL CONSIDERATIONS

The acceptance criteria for all papers are the quality and originality of the research and its significance to our readership. Except where otherwise stated, manuscripts are peer reviewed by two anonymous reviewers and the Editor. Final acceptance or rejection rests with the Editorial Board, which reserves the right to refuse any material for publication.

The journal generally does not consider papers that discuss Portland Cement. Portland Cement is not a material that has TGA approval and so it is not suitable for publication in the Australian journal. If papers can be rewritten without the mention of Portland Cement, they may be reconsidered.

Manuscripts should be written in a clear, concise, direct style. Where contributions are judged as acceptable for publication on the basis of scientific content, the Editor and the Publisher reserve the right to modify typescripts to eliminate ambiguity and repetition and improve communication between author and reader.

Wiley's policy on confidentiality of the review process is available [here](#).

Human Studies and Subjects

Manuscripts must contain a statement to the effect that all human studies have been reviewed by the appropriate ethics committee and have therefore been performed in accordance with the ethical standards laid down in an appropriate version of the Declaration of Helsinki (as revised in Brazil 2013), available at <http://www.wma.net/en/30publications/10policies/b3/index.html>.

All investigations on human subjects must include a statement that the subject gave informed consent. Patient anonymity should be preserved. Photographs need to be cropped sufficiently to prevent human subjects being recognized (or an eye bar should be used). In general, submission of a case report should be accompanied by the written consent of the subject (or parent/guardian) before publication; this is particularly important where photographs are to be used or in cases where the unique nature of the incident reported makes it possible for the patient to be identified. While the Editorial Board recognizes that it might not always be possible or appropriate to seek such consent, the onus will be on the authors to demonstrate that this exception applies in their case.

Standards

Materials should comply with the ICMJE Uniform Requirements. EQUATOR reporting guidelines and checklists (e.g. CONSORT, STROBE, STARD, QUOROM, MOOSE) should be used when appropriate.

Conflict of Interest/Disclosure

Authors must declare any financial support or relationships that may pose conflict of interest by disclosing any financial arrangements they have with a company whose product figures prominently in the submitted manuscript or with a company making a competing product, or any conflict relating to technology or methodology. The absence of any interest to disclose must also be stated. This information must be included on the title page/in the submission system when submitting the manuscript.

Authorship and Acknowledgements

The journal adheres to the [definition of authorship set up by The International Committee of Medical Journal Editors \(ICMJE\)](#). The ICMJE recommends that authorship be based on the following 4 criteria: i) Substantial contributions to the conception or design of the work; or the acquisition, analysis, or interpretation of data for the work; ii) Drafting the work or revising it critically for important intellectual content; iii) Final approval of the version to be published; and iv) Agreement to be accountable for all aspects of the work in ensuring that questions related to the accuracy or integrity of any part of the work are appropriately investigated and resolved. Contributors who do not qualify as authors should be mentioned under 'Acknowledgements'.

Correction to authorship

In accordance with Wiley's [Best Practice Guidelines on Research Integrity and Publishing Ethics](#) and the [Committee on Publication Ethics'](#) guidance, *Australian Endodontic Journal* will allow authors to correct authorship on a submitted, accepted, or published article if a valid reason exists to do so. All authors – including those to be added or removed – must agree to any proposed change. To request a change to the author list, please complete the [Request for Changes to a Journal Article Author List Form](#) and contact either the journal's editorial or production office, depending on the status of the article. Authorship changes will not be considered without a fully completed Author Change form. [Correcting the authorship is different from changing an author's name; the relevant policy for that can be found in [Wiley's Best Practice](#)

[Guidelines](#) under “Author name changes after publication.”]

Preprint Policy

Please find the Wiley preprint policy [here](#). This journal accepts articles previously published on preprint servers. *Australian Endodontic Journal* will consider for review articles previously available as preprints. You may also post the submitted version of a manuscript to a preprint server at any time. You are requested to update any pre-publication versions with a link to the final published article.

Data Sharing and Data Accessibility

The journal encourages authors to share the data and other artefacts supporting the results in the paper by archiving it in an appropriate public repository. Authors should include a data accessibility statement, including a link to the repository they have used, in order that this statement can be published alongside their paper.

Publication Ethics

This journal is a member of the [Committee on Publication Ethics \(COPE\)](#). Note this journal uses iThenticate's CrossCheck software to detect instances of overlapping and similar text in submitted manuscripts. Read our Top 10 Publishing Ethics Tips for Authors [here](#). Wiley's Publication Ethics Guidelines can be found at <https://authorservices.wiley.com/ethics-guidelines/index.html>

6. AUTHOR LICENSING

If your paper is accepted, the author identified as the formal corresponding author will receive an email prompting them to log in to Author Services, where via the Wiley Author Licensing Service (WALS) they will be required to complete a copyright license agreement on behalf of all authors of the paper.

Authors may choose to publish under the terms of the journal's standard copyright agreement, or [OnlineOpen](#) under the terms of a Creative Commons License.

General information regarding licensing and copyright is available [here](#). To review the Creative Commons License options offered under OnlineOpen, please [click here](#). (Note that certain funders mandate that a particular type of CC license has to be used; to check this please click [here](#).)

Self-Archiving definitions and policies. Note that the journal's standard copyright agreement allows for self-archiving of different versions of the article under specific conditions. Please click here for more detailed information about self-archiving definitions and policies.

Open Access fees: If you choose to publish using OnlineOpen you will be charged a fee. A list of Article Publication Charges for Wiley journals is available [here](#).

For more information on this journal's APCs, please see the [Open Access page](#).

Funder Open Access: Please click [here](#) for more information on Wiley's compliance with specific Funder Open Access Policies.

7. PUBLICATION PROCESS AFTER ACCEPTANCE

Accepted papers will be passed to Wiley's production team for publication. The author identified as the formal corresponding author for the paper will receive an email prompting them to login into Wiley's Author Services, where via the Wiley Author Licensing Service (WALS) they will be asked to complete an electronic license agreement on behalf of all authors on the paper. More details on the copyright and licencing options for the journal appear below.

Wiley's Author Services

Author Services enables authors to track their article through the production process to publication online and in print. Authors can check the status of their articles online and choose to receive automated e-mails at key stages of production. The corresponding author will receive a unique link that enables them to register and have their article automatically added to the system. Please ensure that a complete e-mail address is provided when submitting the manuscript. Visit <http://www.authorservices.wiley.com/> for more details on online production tracking and for a wealth of resources including FAQs and tips on article preparation, submission and more.

Proofs

Once the paper has been typeset the corresponding author will receive an e-mail alert containing instructions on how to provide proof corrections to the article. It is therefore essential that a working e-mail address is provided for the corresponding author. Proofs should be corrected carefully; responsibility for detecting errors lies with the author.

Early View

The journal offers rapid speed to publication via Wiley's Early View service. Early View articles are complete full-text articles published online in advance of their publication in a printed issue. Early View articles are complete and final. They have been fully reviewed, revised and edited for publication, and the authors' final corrections have been incorporated. Because they are in final form, no changes can be made after online publication. Early View articles are given a Digital Object Identifier (DOI), which allows the article to be cited and tracked before allocation to an issue. After print publication, the DOI remains valid and can continue to be used to cite and access the article. More information about DOIs can be found at <http://www.doi.org/faq.html>.

8. POST PUBLICATION

Access and sharing

When your article is published online:

- You receive an email alert (if requested).
- You can share your published article through social media.
- As the author, you retain free access (after accepting the Terms & Conditions of use, you can view your article).
- The corresponding author and co-authors can nominate up to ten colleagues to receive a publication alert and free online access to your article.

You can now order print copies of your article (instructions are sent at proofing stage).

Email offprint@cosprinters.com

Now is the time to start promoting your article. Find out how to do that [here](#).

Measuring the impact of your work

Wiley also helps you measure the impact of your research through our specialist partnerships with [Kudos](#) and [Altmetric](#).

9. EDITORIAL OFFICE CONTACT DETAILS

For further information or advice please contact:

Australian Endodontic Journal

Email: aej.eo@wiley.com

Author Guidelines updated 13 May 2021

ANEXO 5 – NORMAS PARA PUBLICAÇÃO DO JORNAL INTERNATIONAL ENDODONTIC JOURNAL

7.2.11 1. Submission and Peer Review Process

Once the submission materials have been prepared in accordance with the Author Guidelines, manuscripts should be submitted online at <https://wiley.atyponrex.com/journal/IEJ>.

For help with submissions, please contact: iej.office@wiley.com

This journal does not charge submission fees.

Article Preparation Support

[Wiley Editing Services](#) offers expert help with English Language Editing, as well as translation, manuscript formatting, figure illustration, figure formatting, and graphical abstract design – so you can submit your manuscript with confidence.

Also, check out our resources for [Preparing Your Article](#) for general guidance about writing and preparing your manuscript.

Free Format submission

International Endodontic Journal now offers Free Format submission for a simplified and streamlined submission process. Before you submit, you will need:

- ❑ Your manuscript: this should be an editable file including text, figures, and tables, or separate files – whichever you prefer. All required sections should be contained in your manuscript, including abstract (which does need to be correctly styled), introduction, methods, results, and conclusions. Figures and tables should have legends. Figures should be uploaded in the highest resolution possible. References may be submitted in any style or format, as long as it is consistent throughout the manuscript. Supporting information should be submitted in separate files. If the manuscript, figures or tables are difficult for you to read, they will also be difficult for the editors and reviewers, and the editorial office will send it back to you for revision. Your manuscript may also be sent back to you for revision if the quality of English language is poor.
- ❑ An ORCID ID, freely available at <https://orcid.org>. (Why is this important? Your article, if accepted and published, will be attached to your ORCID profile. Institutions and funders are increasingly requiring authors to have ORCID IDs.)
- ❑ The title page of the manuscript, including:
 - data availability statement
 - funding statement
 - conflict of interest disclosure
 - ethics approval statement and document
 - patient consent statement
 - relevant reporting guidelines paperwork (see 5.2 Reporting Guidelines below)
 - permission to reproduce material from other sources
 - clinical trial registration
 - Your co-author details, including affiliation and email address. (Why is this important? We need to keep all co-authors informed of the outcome of the peer review process.)

- Statements relating to our ethics and integrity policies, which may include any of the following (Why are these important? We need to uphold rigorous ethical standards for the research we consider for publication):

Important: the journal operates a double-blind peer review policy. Please anonymise your manuscript and supply a separate title page file.

To submit, [click here](#) and create a new submission. Follow the submission steps as required and submit the manuscript.

Open Access

This journal is a subscription journal that offers an open access option. You will have the option to choose to make your article open access after acceptance, which will be subject to an APC, unless a waiver applies. Read more about [APCs here](#).

Preprint policy:

Please find the Wiley preprint policy [here](#).

This journal accepts articles previously published on preprint servers.

International Endodontic Journal will consider for review articles previously available as preprints. You may also post the submitted version of a manuscript to a preprint server at any time. You are requested to update any pre-publication versions with a link to the final published article.

This journal operates a double-blind peer review process. Authors are responsible for anonymizing their manuscript in order to remain anonymous to the reviewers throughout the peer review process (see “Main Text File” above for more details). Since the journal also encourages posting of preprints, however, please note that if authors share their manuscript in preprint form this may compromise their anonymity during peer review.

Data Sharing and Data Availability

This journal encourages data sharing. Review [Wiley's Data Sharing policy](#) where you will be able to see and select the data availability statement that is right for your submission.

Data Citation

Please review [Wiley's Data Citation policy](#).

Data Protection

If you are submitting a manuscript to the journal, or alternatively if you are reviewing for the *International Endodontic Journal*, your name, email address, and affiliation, and other contact details might be required for the regular operations of the publication. Please review [Wiley's Data Protection Policy](#) to learn more.

Funding

You should list all funding sources in the Acknowledgments section or in abstract of systematic review. You are responsible for the accuracy of their funder designation. If in doubt, please check the [Open Funder Registry](#) for the correct nomenclature.

Authorship

All listed authors should have contributed to the manuscript substantially and have agreed to the final submitted version. Review [editorial standards](#) and scroll down for a description of authorship criteria. An author contribution section must be completed for a submitted manuscript.

Conflict of Interest

The journal requires that all authors disclose any potential sources of conflict of interest. Any interest or relationship, financial or otherwise that might be perceived as influencing an author's objectivity is considered a potential source of conflict of interest. These must be disclosed when directly relevant or directly related to the work that the authors describe in their manuscript. The existence of a conflict of interest does not preclude publication. If the authors have no conflict of interest to declare, they must also state this at submission. It is the responsibility of the corresponding author to review this policy with all authors and collectively to disclose with the submission ALL pertinent commercial and other relationships. Please fill out the below form if any authors have a conflict of interest.

[Conflict of Interest Disclosure Form](#)

ORCID

As part of the journal's commitment to supporting authors at every step of the publishing process, the *International Endodontic Journal* encourages authors to provide an ORCID iD when submitting a manuscript. Please see Wiley's resources on ORCID [here](#).

Reproduction of Copyright Material

If excerpts from copyrighted works owned by third parties are included, credit must be shown in the contribution. It is your responsibility to also obtain written permission for reproduction from the copyright owners. For more information visit [Wiley's Copyright Terms & Conditions FAQ](#).

The corresponding author is responsible for obtaining written permission to reproduce the material "in print and other media" from the publisher of the original source, and for supplying Wiley with that permission upon submission.

Style and Formate

While this journal operates free format, this is the preferred style:

- ☐ Double space the text;
- ☐ Blank out the funding information at this stage of the review process;
- ☐ Remove the keywords from the abstract they should be on the title page only;
- ☐ Put a page break between the abstract and the introduction;
- ☐ Remove the numbering of the sections in the main document;

Title Page

The title page should contain:

- i. A brief informative title containing the major key words. The title should not contain abbreviations (see [Wiley's best practice SEO tips](#));
- ii. A short running title of less than 30 characters;
- iii. The full names of the authors;

- iv. The author's institutional affiliations where the work was conducted, with a footnote for the author's present address if different from where the work was conducted;
- v. Acknowledgements.

Important: the journal operates a double-blind peer review policy. Please anonymise your manuscript and prepare a separate title page containing author details.

Main Text File

Please ensure that all identifying information such as author names and affiliations, acknowledgements or explicit mentions of author institution in the text are on a separate page.

All manuscripts submitted to the *International Endodontic Journal* should include Title Page (separate file), Abstract, Main Text, References, Acknowledgements, Funding, Conflict of Interest, Tables, Figures, Checklists and Figure Legends as appropriate.

Manuscripts can be uploaded either as a single document (containing the main text, tables and figures), or with figures and tables provided as separate files. Should your manuscript reach revision stage, figures and tables must be provided as separate files. The main manuscript file can be submitted in Microsoft Word (.doc or .docx) or LaTeX (.tex) format.

Reference Style

This journal uses Harvard reference style; as the journal offers Free Format submission, however, this is for information only and you do not need to format the references in your article. This will instead be taken care of by the typesetter.

It is the policy of the journal to encourage reference to the original papers rather than to literature reviews. Authors should therefore keep citations of reviews to the absolute minimum.

Tools such as EndNote or Reference Manager for reference management and formatting can be useful. The EndNote reference style can be obtained upon request to the editorial office (iej.office@wiley.com). Reference Manager reference styles can be searched for here: www.refman.com/support/rmstyles.asp. You may also wish to review your [reference style guidelines](#) prior to submission.

Figures and Supporting Information

Figures, supporting information, and appendices should be supplied as separate files. You should review the [basic figure requirements](#) for manuscripts for peer review, as well as the more detailed post-acceptance figure requirements. View [Wiley's FAQs](#) on supporting information.

Peer Review

This journal operates under a [double-blind peer review model](#). Except where otherwise stated, manuscripts are peer reviewed by at least two anonymous reviewers and an Associate Editor. Papers will only be sent to review if the Editor-in-Chief determines that the paper meets the appropriate quality and relevance requirements.

In-house submissions, i.e. papers authored by Editors or Editorial Board members of the title, will be sent to Editors unaffiliated with the author or institution and monitored carefully to ensure there is no peer review bias.

Wiley's policy on the confidentiality of the review process is [available here](#).

Refer and Transfer Program

Wiley believes that no valuable research should go unshared. This journal participates in Wiley's Refer & Transfer program. If your manuscript is not accepted, you may receive a recommendation to transfer your manuscript to another suitable Wiley journal, either through a referral from the journal's editor or through our Transfer Desk Assistant.

Guidelines on Publishing and Research Ethics in Journal Articles

The journal requires that you include in the manuscript (and submit a hard copy) details of IRB approvals, ethical treatment of human and animal research participants, and gathering of informed consent, as appropriate. You will be expected to declare all conflicts of interest, or none, on submission. Please review Wiley's policies surrounding [human studies, animal studies, clinical trial registration, biosecurity, and research reporting guidelines](#).

This journal follows the core practices of the [Committee on Publication Ethics \(COPE\)](#) and handles cases of research and publication misconduct accordingly (<https://publicationethics.org/core-practices>).

All studies using human or animal subjects should include an explicit statement in the Material and Methods section identifying the review and ethics committee approval for each study. The authors MUST upload a copy of the ethical approval letter when submitting their manuscript and a separate English translation.

Author Contributions

For all articles, the journal mandates the CRediT (Contribution Roles Taxonomy)—more information is available on our [Author Services](#) site.

7.2.12 2. Article Types

Original Articles (includes Clinical Research (randomised control trials, cohort studies, case control studies, cross sectional studies, case series), Basic Research – Biological, Basic Research — Technical, and Education):

These must describe significant and original experimental observations and provide sufficient detail so that the observations can be critically evaluated and, if necessary, repeated. Original Articles must conform to the highest international standards in the field.

Review Articles (systematic, scoping and narrative):

These are accepted for their broad general interest; all are refereed by experts in the field who are asked to comment on issues such as timeliness, general interest and balanced treatment of controversies, as well as on scientific accuracy. Reviews should generally include a clearly defined search strategy and take a broad view of the field rather than merely summarizing the literature. Extensive or unbalanced citation of the authors' own publications is not acceptable.

Clinical Commentaries:

These can describe significant improvements in clinical practice such as the report of a novel technique, a breakthrough in technology or practical approaches to recognised clinical challenges. They should conform to the highest scientific and clinical practice standards.

Perspective/Leading Opinion:

Leading opinion or perspective papers that explore important clinical and scientific issues that are designed to stimulate further discussion and development of Endodontology by a subject expert. The subject expert should have an established publication and academic record with regards to the particular topic. Opinionated or perspective papers should identify major questions, challenges or propose new hypothesis testing, as well as attempt to resolve controversies in Endodontology. Manuscripts submitted for "Opinion" are designed to be stimulating and potentially provocative. Manuscripts are to be submitted by invitation only by the Editor-in-Chief or Associate Editor responsible for this section and should be clearly demarcated on submission; these manuscripts will still undergo a peer review process.

Case Reports:

These can illustrate unusual and clinically relevant and new observations, but they must be of sufficiently high quality to be considered worthy of publication in the journal. On rare occasions, completed cases displaying non-obvious solutions to significant clinical challenges will be considered. Illustrative material must be of the highest quality and healing outcomes, if appropriate, should be demonstrated after an extended period – normally four years.

Supporting Information:

The *International Endodontic Journal* encourages submission of adjuncts to printed papers via the supporting information website (see submission of supporting information below). Authors wishing to describe novel procedures or illustrate cases more fully with figures and/or video may be encouraged to utilise this facility.

Article Type	Structure Description	Abstract / Structure
Original Articles	Main text includes: Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion and Conclusion.	Structured: Aim, methodology, results, conclusions, funding, conflict of interest. No more than 350 words
Systematic, Scoping and Narrative Review Articles	Main text includes: Introduction, method, results, discussion, conclusions, funding, Conflict of Interest	Structured: Background, Objectives, Method, Results, Conclusion, Funding, Conflict of interest, Registration No more than 350 words.
Case Reports and Clinical	Main text includes: Introduction, report, discussion and conclusion	Structured: Aim, summary, key

Commentaries**learning points****Supporting Information**

Supporting information, such as data sets or supplemental figures or tables, that will not be published in the print edition of the journal, but which will be viewable via the online edition, can be submitted. It should be clearly stated at the time of submission that the supporting information is intended to be made available through the online edition.

The availability of supporting information should be indicated in the main manuscript by a paragraph, to appear after the References, headed 'Supporting Information' and providing titles of figures, tables, etc. In order to protect reviewer anonymity, material posted on the authors Web site cannot be reviewed. The supporting information is an integral part of the article and will be reviewed accordingly.

Perspective/Leading Opinion

Leading opinion or perspective papers that explore important clinical and scientific issues that are designed to stimulate further discussion and development of Endodontology by a subject expert. The subject expert should have an established publication and academic record with regards to the particular topic. Opinionated or perspective papers should identify major questions, challenges or propose new hypothesis testing, as well as attempt to resolve controversies in Endodontology. Manuscripts submitted for "Opinion" are designed to be stimulating and potentially provocative. Manuscripts are to be submitted by invitation only by the Editor-in-Chief or Associate Editor responsible for this section and should be clearly demarcated on submission; these manuscripts will still undergo a peer review process.

In general, these papers should not exceed 5,000 words and should contain illustrations and recent papers.

2.1 Reporting Guidelines**2.1.1 Case reports/case series**

Case reports should be written to comply with the Preferred Reporting Items for Case reports in Endodontics (PRICE) 2020 guidelines.

When submitting manuscripts that have been written using the PRICE 2020 guidelines, authors should include the following statement in the beginning of “Report” section: “This case report has been written according to Preferred Reporting Items for Case reports in Endodontics (PRICE) 2020 guidelines.

A PRICE checklist (for editors/referees) and flowchart (as a Figure to be included in the manuscript for readers) should also be completed and included in the submission material. The PRICE [2020 checklist](#) and [flowchart](#) can be viewed by clicking the appropriate link. PRICE guidelines can be found [here](#), and PRAISE checklist link [here](#).

It is recommended that authors consult the following papers when writing case reports, which explains the rationale for the PRICE 2020 guidelines and their importance:

Nagendrababu V, Chong BS, McCabe P, Shah PK, Priya E, Jayaraman J, Pulikkotil SJ, Setzer FC, Sunde PT, Dummer PMH (2020) PRICE 2020 guidelines for reporting case reports in Endodontics: a consensus-based development. *International Endodontic Journal* 53, 619-26. (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/32090342>)

Nagendrababu V, Chong BS, McCabe P, Shah PK, Priya E, Jayaraman J, Pulikkotil SJ, Dummer PMH (2020) PRICE 2020 guidelines for reporting case reports in Endodontics: Explanation and elaboration. *International Endodontic Journal* 53, 922-47. (<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/iej.13300>)

2.2.2. Randomised clinical trials

Randomised clinical trials should be reported to comply with the Preferred Reporting Items for Randomised Trials in Endodontics (PRIRATE) 2020 guidelines (Nagendrababu et al. 2020, doi: 10.1111/iej.13294).

When submitting manuscripts that have been written using the PRIRATE 2020 guidelines, authors should include the following statement in the beginning of “Materials and Methods” section: “This randomised clinical trial has been written according to Preferred Reporting Items for RAndomised Trials in Endodontics (PRIRATE) 2020 guidelines.

A PRIRATE 2020 checklist (for editors/referees) and flowchart (as a Figure to be included in the manuscript for readers) should also be completed and included in the submission material. The PRIRATE 2020 checklist and flowchart can be downloaded from: <http://pride-endodonticguidelines.org/prirate/>.

It is recommended that authors consult the following papers when writing manuscripts, which explains the rationale for the PRIRATE 2020 guidelines and their importance:

Nagendrababu V, Duncan HF, Bjørndal L, Kvist T, Priya E, Jayaraman J, Pulikkotil SJ, Pigg M, Rechenberg DK, Vaeth M, Dummer PMH (2020) PRIRATE 2020 guidelines for reporting randomised trials in Endodontics: a consensus-based development. *International Endodontic Journal* 53, 764-73. (<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/iej.13294>)

Nagendrababu V, Duncan HF, Bjørndal L, Kvist T, Priya E, Jayaraman J, Pulikkotil SJ, Dummer PMH (2020) PRIRATE 2020 guidelines for reporting trials in Endodontics: Explanation and elaboration. *International Endodontic Journal* 53, 774-03. (<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/iej.13304>)

Clinical Trials

The *International Endodontic Journal* asks that authors submitting manuscripts reporting a clinical trial register the trial a priori in any of the following public clinical trials registries: www.clinicaltrials.gov, <https://www.clinicaltrialsregister.eu/>, <http://isrctn.org/>. Other primary registries if named in the WHO network will also be considered acceptable. The clinical trial registration number and name of the trial register should be included in the Acknowledgements at the submission stage.

2.2.3. Observational trials

Observational studies should be reported to comply with the Preferred Reporting items for Observational studies in Endodontics (PROBE) 2023 guidelines (Nagendrababu et al. 2023, doi: 10.1111/iej.13873).

When submitting manuscripts that have been written using the PROBE 2023 guidelines, authors should include the following statement in the beginning of “Materials and Methods” section: “This observational studies has been written according to Preferred Reporting items for Observational studies in Endodontics (PROBE) 2023 guidelines”.

A PROBE 2023 checklist (for editors/referees) should be completed and included in the submission material. The PROBE 2023 checklist can be downloaded from: <https://pride-endodonticguidelines.org/probe/>

It is recommended that authors consult the following papers when writing manuscripts, which explains the rationale for the PROBE 2023 guidelines and their importance:

Nagendrababu V, Duncan HF, Fouad AF, Kirkevang LL, Parashos P, Pigg M, Vaeth M, Jayaraman J, Suresh N, Arias A, Wigsten E, Dummer PMH. PROBE 2023 guidelines for reporting observational studies in Endodontics: A consensus-based development study. *Int Endod J*. 2023 Mar;56(3):308-317. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/iej.13873>

Nagendrababu V, Duncan HF, Fouad AF, Kirkevang LL, Parashos P, Pigg M, Vaeth M, Jayaraman J, Suresh N, Jakovljevic A, Dummer PMH. PROBE 2023 guidelines for reporting observational studies in endodontics: explanation and elaboration. *Int Endod J*. 2023 Jun;56(6):652-685. doi: 10.1111/iej.13909. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/iej.13909>

2.2.4. Diagnostic accuracy studies

Diagnostic accuracy studies should be reported to comply with the Preferred Reporting Items for Diagnostic Accuracy Studies in Endodontics (PRIDASE) 2024 guidelines (Nagendrababu et al. 2024, doi: 10.1111/iej.14075).

When submitting manuscripts that have been written using the PRIDASE 2024 guidelines, authors should include the following statement in the beginning of “Materials and Methods” section: “This observational studies has been written according to Preferred Reporting Items for Diagnostic Accuracy Studies in Endodontics (PRIDASE) 2024”.

A PRIDASE 2024 checklist (for editors/referees) and STARD flowchart (as a Figure to be included in the manuscript for readers) should also be completed and included in the submission material. The PRIDASE 2024 checklist can be downloaded from <https://pride-endodonticguidelines.org/pridase/> and STARD flowchart can be downloaded from: <https://www.equator-network.org/reporting-guidelines/stard/>

It is recommended that authors consult the following papers when writing manuscripts, which explains the rationale for the PRIDASE 2024 guidelines and their importance:

Nagendrababu V, Pigg M, Duncan HF, Abbott PV, Fouad AF, Kruse C, Patel S, Rechenberg DK, Setzer FC, Rossi-Fedele G, Dummer PM. PRIDASE 2024 guidelines for reporting diagnostic accuracy studies in endodontics: A consensus-based development. *International Endodontic Journal*. 2024 Aug;57(8):996-1005. doi: 10.1111/iej.14075. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/iej.14075>

Pigg M, Nagendrababu V, Duncan HF, Abbott PV, Fouad AF, Kruse C, Patel S, Rechenberg DK, Suresh N, Shetty N, Dummer PM. PRIDASE 2024 guidelines for reporting diagnostic accuracy studies in endodontics: Explanation and elaboration. *International Endodontic Journal*. 2025 Jan;58(1):6-36. doi: 10.1111/iej.14148 <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/iej.14148>

2.2.5. Animal studies

Animal studies should be written using the Preferred Reporting Items for Animal Studies in Endodontology (PRIASE) 2021 guidelines (Nagendrababu et al. 2021, doi: 10.1111/iej.13477).

When submitting manuscripts that have been written using the PRIASE 2021 guidelines, authors should include the following statement in the beginning of "Materials and Methods" section: "The manuscript of this animal study has been written according to Preferred Reporting Items for Animal studies in Endodontology (PRIASE) 2021 guidelines."

A PRIASE 2021 checklist (for editors/referees) and flowchart (as a Figure to be included in the manuscript for readers) should also be completed and included in the submission material. The PRIASE 2021 checklist and flowchart can be downloaded from: <http://pride-endodonticguidelines.org/priase/>

It is recommended that authors consult the following papers when writing manuscripts, which explain the rationale for the PRIASE 2021 guidelines and their importance:

Nagendrababu V, Kishen A, Murray PE, Nekoofar MH, de Figueiredo JA, Priya E, Jayaraman J, Pulikkotil SJ, Camilleri J, RM S, Dummer PMH (2021) PRIASE 2021 guidelines for reporting animal studies in Endodontology: a consensus-based development. *International Endodontic Journal* 54, 848-57. (<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/iej.13477>)

Nagendrababu V, Kishen A, Murray PE, Nekoofar MH, de Figueiredo JA, Priya E, Jayaraman J, Pulikkotil SJ, Jakovljevic A, Dummer PMH (2021) PRIASE 2021 guidelines for reporting animal studies in Endodontology: Explanation and Elaboration. *International Endodontic Journal* 54, 858-86. (<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/iej.13481>)

2.2.6. Laboratory studies

Laboratory studies should be reported using the Preferred Reporting Items for Laboratory studies in Endodontology (PRILE) 2021 guidelines (Nagendrababu et al. 2021, doi: 10.1111/iej.13542).

When submitting manuscripts that have been written using the PRILE 2021 guidelines, authors should include the following statement in the beginning of "Materials and Methods" section: "The manuscript of this laboratory study has been written according to Preferred Reporting Items for Laboratory studies in Endodontology (PRILE) 2021 guidelines."

A PRILE checklist (for editors/referees) and flowchart (as a Figure to be included in the manuscript for readers) should also be completed and included in the submission material. The PRILE 2021 checklist and flowchart can be downloaded from: <http://pride-endodonticguidelines.org/prile/>

It is recommended that authors consult the following papers when writing manuscripts, which explain the rationale for the PRILE 2021 guidelines and their importance:

Nagendrababu V, Murray PE, Ordinola-Zapata R, OA Peters, IN Rôças, JF Siqueira Jr, E Priya, J Jayaraman, SJ Pulikkotil, J Camilleri, C Boutsioukis, G Rossi-Fedele, PMH Dummer (2021) PRILE 2021 guidelines for reporting laboratory studies in Endodontics: a consensus-based development. *International Endodontic Journal* May 3. doi: 10.1111/iej.13542. (<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/iej.13542>)

Nagendrababu V, Murray PE, Ordinola-Zapata R, OA Peters, IN Rôças, JF Siqueira Jr, E Priya, J Jayaraman, SJ Pulikkotil, N Suresh, PMH Dummer (2021) PRILE 2021 guidelines for reporting laboratory studies in Endodontics: Explanation and elaboration. *International Endodontic Journal* (<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/iej.13565>)

2.2.7 Systematic reviews

The abstract and main body of the systematic review should be reported using the PRISMA for Abstract and PRISMA guidelines respectively (<http://www.prisma-statement.org/>). Authors submitting a systematic review must register the protocol in one of the readily-accessible sources/databases at the time of project inception and not retrospectively (e.g. PROSPERO database, OSF registries). The protocol registration number, name of the database or journal reference should be provided at the submission stage in the “Registration” section in the abstract and ‘Methods’ section in the main body of the text.

A PRISMA checklist and flow diagram as a Figure (to be included in the manuscript for readers) should also be included in the submission material. Source of funding (grant number, if available) should be added in the ‘Acknowledgements’ section.

It is recommended that authors consult the following papers, which help in the production of high quality reviews:

Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, PRISMA Group (2009) Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *PLOS Medicine* 6, e1000097.

Liberati A, Altman DG, Tetzlaff J, Mulrow C, Gøtzsche PC, Ioannidis JP, Clarke M, Devereaux PJ, Kleijnen J, Moher D (2009) The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. *Journal of Clinical Epidemiology* 62, e1-34.

Nagendrababu V, Duncan HF, Tsesis I, Sathorn C, Pulikkotil SJ, Dharmarajan L, Dummer PMH (2019) PRISMA for abstracts: best practice for reporting abstracts of systematic reviews in Endodontology. *International Endodontic Journal* 52, 1096-1107. (<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/iej.13118>)

Nagendrababu V, Dilokthornsakul P, Jinatongthai P, Veettil SK, Pulikkotil SJ, Duncan HF, Dummer PMH (2020) Glossary for systematic reviews and meta-analyses. *International Endodontic Journal* 53, 232-249. (<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/iej.13217>)

2.2.8 Scoping reviews

Reviews should be reported using the PRISMA guidelines. A checklist for scoping reviews should also be included in the submission material - see: <http://www.prisma-statement.org/Extensions/ScopingReviews>.

2.2.9 Guidelines for reporting of microarray and next-generation sequencing data

Submission will be assessed according to MIAME and MINSEQE standards. The complete current guidelines are available at

Also, manuscripts will be published only after the complete data has been submitted into the public repositories, such as GEO (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/geo/>) or ArrayExpress (http://www.ebi.ac.uk/microarray/submissions_overview.html), and the data accession number (the identification number of the data set in the database) quoted in the manuscript. Both databases are committed to keeping the data private until the associated manuscript is published, if requested.

7.2.13 3. After Acceptance

Wiley Author Services

When an accepted article is received by Wiley's production team, the corresponding author will receive an email asking them to login or register with [Wiley Author Services](#). You will be asked to sign a publication license at this point as well as pay for any applicable APCs.

Copyright & Licensing

WALS + standard CTA/ELA

You may choose to publish under the terms of the journal's standard copyright agreement, or Open Access under the terms of a Creative Commons License.

Standard [re-use and licensing rights](#) vary by journal. Note that [certain funders](#) mandate a particular type of CC license be used. This journal uses the CC-BY/CC-BY-NC/CC-BY-NC-ND [Creative Commons License](#).

Self-Archiving Definitions and Policies: Note that the journal's standard copyright agreement allows for [self-archiving](#) of different versions of the article under specific conditions.

Proofs

Authors will receive an e-mail notification with a link and instructions for accessing HTML page proofs online/with their proofs included as a pdf. Authors should also make sure that any renumbered tables, figures, or references match text citations and that figure legends correspond with text citations and actual figures. Proofs must be returned within 48 hours of receipt of the email.

Article Promotion Support

[Wiley Editing Services](#) offers professional video, design, and writing services to create shareable video abstracts, infographics, conference posters, lay summaries, and research news stories for your research – so you can help your research get the attention it deserves.

Author Name Change Policy

In cases where authors wish to change their name following publication, Wiley will update and republish the paper and redeliver the updated metadata to indexing services. Our editorial and production teams will use discretion in recognizing that name changes may be of a sensitive and private nature for various reasons including (but not limited to) alignment with gender identity, or as a result of marriage, divorce, or religious conversion. Accordingly, to protect the author's

privacy, we will not publish a correction notice to the paper, and we will not notify co-authors of the change. Authors should contact the journal's Editorial Office with their name change request.

Correction to authorship

In accordance with Wiley's [Best Practice Guidelines on Research Integrity and Publishing Ethics](#) and the [Committee on Publication Ethics](#)' guidance, *International Endodontic Journal* will allow authors to correct authorship on a submitted, accepted, or published article if a valid reason exists to do so. All authors – including those to be added or removed – must agree to any proposed change. To request a change to the author list, please complete the [Request for Changes to a Journal Article Author List Form](#) and contact either the journal's editorial or production office, depending on the status of the article. Authorship changes will not be considered without a fully completed Author Change form. [Correcting the authorship is different from changing an author's name; the relevant policy for that can be found in [Wiley's Best Practice Guidelines](#) under "Author name changes after publication."]

Appendix

Abbreviations:

The International Endodontic Journal adheres to the conventions outlined in Units, Symbols and Abbreviations: A Guide for Medical and Scientific Editors and Authors. When non-standard terms appearing 3 or more times in the manuscript are to be abbreviated, they should be written out completely in the text when first used with the abbreviation in parenthesis.

Additional Guidelines for Cover Pictures, Visual Abstracts, Frontispieces and Table of Contents Graphics

- ❑ Concepts illustrated in graphical material must clearly fit with the research discussed in the accompanying text.
- ❑ Images featuring depictions or representations of people must not contain any form of objectification, sexualization, stereotyping, or discrimination. We also ask authors to consider community diversity in images containing multiple depictions or representations of people.
- ❑ Inappropriate use, representation, or depiction of religious figures or imagery, and iconography should be avoided.
- ❑ Use of elements of mythology, legends, and folklore might be acceptable and will be decided on a case-by-case basis. However, these images must comply with the guidelines on human participants when they are present.
- ❑ Generally, authors should consider any sensitivities when using images of objects that might have cultural significance or may be inappropriate in the context (for example, religious texts, historical events, and depictions of people).
- ❑ Legal requirements:
- ❑ All necessary copyright permission for the reproduction of the graphical elements used in visuals must be obtained prior to publication.
- ❑ Clearance must be obtained from identifiable people before using their image on the cover or the like and such clearance must specify that it will be used on the cover. Use within text does not require such clearance unless it discloses sensitive personal information such as medical information. In all situations involving disclosure of such personal info, specific permission must be obtained. And images of individuals should not be used in a false manner.

Graphics that do not adhere to these guidelines will be recommended for revision or will not be accepted for publication.

Embedded Rich Media

This journal has the option for authors to embed rich media (i.e. video and audio) within their final article. These files should be submitted with the manuscript files online, using either the “Embedded Video” or “Embedded Audio” file designation. If the video/audio includes dialogue, a transcript should be included as a separate file. **The combined manuscript files, including video, audio, tables, figures, and text must not exceed 350 MB.** For full guidance on accepted file types and resolution please see [here](#).

Ensure each file is numbered (e.g. Video 1, Video 2, etc.) Legends for the rich media files should be placed at the end of the article.

The content of the video should not display overt product advertising. Educational presentations are encouraged.

Any narration should be in English, if possible. A typed transcript of any speech within the video/audio should be provided. An English translation of any non-English speech should be provided in the transcript.

All embedded rich media will be subject to peer review. Editors reserve the right to request edits to rich media files as a condition of acceptance. Contributors are asked to be succinct, and the Editors reserve the right to require shorter video/audio duration. The video/audio should be high quality (both in content and visibility/audibility). The video/audio should make a specific point; particularly, it should demonstrate the features described in the text of the manuscript.

Participant Consent: It is the responsibility of the corresponding author to seek informed consent from any identifiable participant in the rich media files. Masking a participant’s eyes, or excluded head and shoulders is not sufficient. Please ensure that a consent form (<https://authorservices.wiley.com/author-resources/Journal-Authors/licensing/licensing-info-faqs.html>) is provided for each participant.

Examples of correct forms of reference

Standard journal article

Jakovljevic, A., Duncan, H.F., Nagendrababu, V., Jacimovic, J., Milasin, J. & Dummer, P.M.H. (2020) Association between cardiovascular diseases and apical periodontitis: an umbrella review. *International Endodontic Journal*, 53, 1374–1386.

Selman, P. (2016) The global decline of intercountry adoption: what lies ahead? *Social Policy and Society*, 11(3), 381–397.

Corporate author

British Endodontic Society (1983) Guidelines for root canal treatment. *International Endodontic Journal* 16, 192-5.

Department of Health. (2009) Living well with dementia: a national dementia strategy.

Journal supplement

Frumin AM, Nussbaum J, Esposito M (1979) Functional asplenia: demonstration of splenic activity by bone marrow scan (Abstract). *Blood* 54 (Suppl. 1), 26a.

Holding, M.Y., Saulino, M.F., Overton, E.A., Kornbluth, I.D. & Freedman, M.K. (2008) Interventions in chronic pain management. 1. Update on important definitions in pain management. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 89 (3, Supplement 1), S38–S40.

Books and other monographs

Personal author(s)

Gutmann J, Harrison JW (1991) *Surgical Endodontics*, 1st edn Boston, MA, USA: Blackwell Scientific Publications.

Barnes, R. (1995) *Successful study for degrees*, 2nd edition, London: Routledge.

Chapter in a book

Wesselink P (1990) Conventional root-canal therapy III: root filling. In: Harty FJ, ed. *Endodontics in Clinical Practice*, 3rd edn; pp. 186-223. London, UK: Butterworth.

Partridge, H. & Hallam, G. (2007) Evidence-based practice and information literacy. In: Lipu, S., Williamson, K. & Lloyd, A. (Eds.) *Exploring methods in information literacy research*. Wagga Wagga, Australia: Centre for Information Studies, pp. 149–170.

Published proceedings paper

DuPont B (1974) Bone marrow transplantation in severe combined immunodeficiency with an unrelated MLC compatible donor. In: White HJ, Smith R, eds. *Proceedings of the Third Annual Meeting of the International Society for Experimental Rematology*; pp. 44-46. Houston, TX, USA: International Society for Experimental Hematology.

Wittke, M. (2006) Design, construction, supervision and long-term behaviour of tunnels in swelling rock. In: Van Cotthem, A., Charlier, R., Thimus, J.-F. and Tshibangu, J.-P. (Eds.) *Eurock 2006: multiphysics coupling and long term behaviour in rock mechanics: proceedings of the international symposium of the international society for rock mechanics, EUROCK 2006, 9–12 May 2006, Liège, Belgium*. London: Taylor & Francis, pp. 211–216.

Agency publication

Ranofsky AL (1978) *Surgical Operations in Short-Stay Hospitals: United States-1975*. DHEW publication no. (PHS) 78-1785 (Vital and Health Statistics; Series 13; no. 34.) Hyattsville, MD, USA: National Centre for Health Statistics.8.

Wittke, M. (2006) Design, construction, supervision and long-term behaviour of tunnels in swelling rock. In: Van Cotthem, A., Charlier, R., Thimus, J.-F. and Tshibangu, J.-P. (Eds.) *Eurock 2006: multiphysics coupling and long term behaviour in rock mechanics: proceedings of the international symposium of the international society for rock mechanics, EUROCK 2006, 9–12 May 2006, Liège, Belgium*. London: Taylor & Francis, pp. 211–216.

Dissertation or thesis

Saunders EM (1988) *In vitro and in vivo investigations into root-canal obturation using thermally softened gutta-percha techniques* (PhD Thesis). Dundee, UK: University of Dundee.

The University Encyclopedia (1985) London: Roydon.

URLs

Full reference details must be given along with the URL, i.e. authorship, year, title of document/report and URL. If this information is not available, the reference should be removed and only the web address cited in the text.

Smith A (1999) Select committee report into social care in the community [WWW document]. URL <http://www.dhss.gov.uk/reports/report015285.html> [accessed on 7 November 2003].

European Space Agency. (2015) Rosetta: rendezvous with a comet. Available at: <http://rosetta.esa.int> [Accessed 15th June 2015].

ANEXO 6 – PARÂMETROS UTILIZADOS PARA AQUISIÇÃO DA MICRO-CT 1172 E RECONSTRUÇÃO DAS IMAGENS

[System]

Scanner=Skyscan1172

Instrument S/N=12001205

Hardware version=G

Software=Version 1. 5 (build 29)

Home directory=C:\SkyScan1172G_Ximea

Source Type=Hamamatsu 100/250

Camera=SHT 11Mp camera

Camera Pixel Size (um)= 9.00

CameraXYRatio=1.0000

Incl.in lifting (um/mm)=0.0000

[User]

User Name=Micro-CT

Computer Name=

[Acquisition]

Data directory=E:\Andamento\22 238 Felipe Andretta Copelli\03 68 149

Filename Prefix=03 68 149_

Configuration=C:\Skyscan1172G\config_g\Std_High\std_high

Number of Files= 500

Source Voltage (kV)= 80

Source Current (uA)= 124

Number of Rows= 1332

Number of Columns= 2000

Image crop origin X= 0

Image crop origin Y=0

Camera binning=2x2

Camera position=close

Image Rotation=0.0000

Gantry direction=CC
Image Pixel Size (um)= 10.89
Object to Source (mm)=129.490
Camera to Source (mm)=213.971
Vertical Object Position (mm)=37.000
Optical Axis (line)= 666
Filter=Al 0.5 mm
Image Format=TIFF
Depth (bits)=16
Screen LUT=0
Exposure (ms)= 1750
Rotation Step (deg)=0.400
Frame Averaging=ON (3)
Random Movement=ON (50)
Use 360 Rotation=NO
Geometrical Correction=ON
Camera Offset=OFF
Median Filtering=ON
Flat Field Correction=ON
Rotation Direction=CC
Scanning Trajectory=ROUND
Type Of Motion=STEP AND SHOOT
Study Date and Time=Nov 24, 2022 09:25:52
Scan duration=01:13:50
Maximum vertical TS=5.0
[Reconstruction]
Reconstruction Program=NRecon
Program Version=Version: 1.6.10.2
Program Home Directory=C:\Users\Endodontia\Desktop\Softwares SkyScan 2107
Reconstruction engine=NReconServer
Engine version=Version: 1.6.10

Reconstruction from batch=Yes
Postalignment=0.00
Reconstruction servers= ENDODONTIA-UFPR
Reconstruction mode=Standard
Dataset Origin=Skyscan1172
Dataset Prefix=03 68 149_
Dataset Directory=E:\22 238 Felipe Andretta Copelli\03 68 149
Output Directory=E:\22 238 Felipe Andretta Copelli\03 68 149
Time and Date=Mar 15, 2023 10:04:10
First Section=19
Last Section=1329
Reconstruction duration per slice (seconds)=1.151030
Total reconstruction time (1311 slices) in seconds=1509.000000
Section to Section Step=1
Sections Count=1311
Result File Type=PNG
Result File Header Length (bytes)=Unknown: compressed JPG format (100%)
Result Image Width (pixels)=2000
Result Image Height (pixels)=2000
Pixel Size (um)=10.89657
Reconstruction Angular Range (deg)=199.60
Use 180+=OFF
Angular Step (deg)=0.4000
Smoothing=0
Ring Artifact Correction=0
Draw Scales=OFF
Object Bigger than FOV=OFF
Reconstruction from ROI=OFF
Filter cutoff relative to Nyquist frequency=100
Filter type=0
Filter type description=Hamming (Alpha=0.54)

Undersampling factor=1

Threshold for defect pixel mask (%)=0

Beam Hardening Correction (%)=50

CS Static Rotation (deg)=0.00

Minimum for CS to Image Conversion=0.010000

Maximum for CS to Image Conversion=0.060000

HU Calibration=OFF

BMP LUT=0

Cone-beam Angle Horiz.(deg)=9.620203

Cone-beam Angle Vert.(deg)=6.415439

[File name convention]

Filename Index Length=4

Filename Prefix=03__rec_voi_Ref_Ref

[CS image conversion 1]

Converted by=Dataviewer (Version: 1.5.1)

Conversion time=Jun 21, 2023 20:30:21

Conversion description=...VOI(1072,833,1311) @ (0,0,0).

Image scale modified=0

HU calibration modified=0

ANEXO 7 – PARÂMETROS UTILIZADOS PARA AQUISIÇÃO DA MICRO-CT 1174 E RECONSTRUÇÃO DAS IMAGENS

Scanner=SkyScan1174v2
Instrument S/N=11J03088
Software=Version 1. 1 (build 9)
Home Directory=C:\SkyScan1174ver2
Source Type=RTW 50/800
Camera=SHT MR285MC
Camera Pixel Size (um)= 19.78
CameraXYRatio=1.0000
[User]
User Name=SkyScan
Computer Name=SCAN1174_088
[Acquisition]
Data Directory=C:\Users\SkyScan\Documents\BRUNO CAVENAGO\Dente 5
Filename Prefix=50Kv_800uA_14um
Number Of Files= 400
Number Of Rows= 1024
Number Of Columns= 1304
Partial Width=OFF
Image crop origin X= 0
Image crop origin Y=0
Camera binning=1x1
Image Rotation=0.7300
Gantry direction=CC
Optical Axis (line)= 512
Object to Source (mm)=226.60
Camera to Source (mm)=266.50
Source Voltage (kV)= 50
Source Current (uA)= 800
Image Pixel Size (um)=16.82
Scaled Image Pixel Size (um)=16.822000

Image Format=TIFF
Depth (bits)=16
Screen LUT=0
Exposure (ms)=6000
Rotation Step (deg)=0.900
Use 360 Rotation=YES
FlatField Update=YES
Scanning position=25.723 mm
Flat Field Correction=ON
Frame Averaging=OFF (1)
Sharpening (%)=39
Random Movement=OFF
Geometrical Correction=ON
Filter=0.5mmAl
Rotation Direction=CC
Type of Detector Motion=STEP AND SHOOT
Scanning Trajectory=ROUND
Number of connected scans=1
Study Date and Time=Mar 26, 2018 19:36:01
Scan duration=00:43:08
Maximum vertical TS=5.0
[Reconstruction]
Reconstruction Program=NRecon
Program Version=Version: 1.6.10.2
Program Home Directory=C:\Users\Endodontia\Desktop\Softwares SkyScan 2107
Reconstruction engine=NReconServer
Engine version=Version: 1.6.10
Reconstruction from batch=Yes
Postalignment=-19.50
Reconstruction servers= ENDODONTIA
Reconstruction mode=Standard
Dataset Origin=SkyScan1174v2
Dataset Prefix=50Kv_800uA_14um
Dataset Directory=C:\Users\Endodontia\Desktop\Pós-pre 25\Dente 05

Output Directory=C:\Users\Endodontia\Desktop\Pós-pre 25\Dente 05
Time and Date=Oct 24, 2019 15:01:47
First Section=56
Last Section=911
Reconstruction duration per slice (seconds)=0.521028
Total reconstruction time (856 slices) in seconds=446.000000
Section to Section Step=1
Sections Count=856
Result File Type=BMP
Result File Header Length (bytes)=1134
Result Image Width (pixels)=1304
Result Image Height (pixels)=1304
Pixel Size (um)=16.82200
Reconstruction Angular Range (deg)=360.00
Use 180+=OFF
Angular Step (deg)=0.9000
Smoothing=4
Smoothing kernel=2 (Gaussian)
Ring Artifact Correction=2
Draw Scales=OFF
Object Bigger than FOV=OFF
Reconstruction from ROI=OFF
Filter cutoff relative to Nyquist frequency=100
Filter type=0
Filter type description=Hamming (Alpha=0.54)
Undersampling factor=1
Threshold for defect pixel mask (%)=0
Beam Hardening Correction (%)=40
CS Static Rotation (deg)=0.00
Minimum for CS to Image Conversion=0.020000
Maximum for CS to Image Conversion=0.130000
HU Calibration=OFF
BMP LUT=0
Cone-beam Angle Horiz.(deg)=5.542161