

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS

Programa de Pós-graduação em Odontologia

Stéphanie Quadros Tonelli

**RELAÇÃO ENTRE MICROTRINCAS DENTINÁRIAS E PROCEDIMENTOS
ENDODÔNTICOS: análise bibliométrica e desenvolvimento de modelo experimental**

Belo Horizonte

2021

Stéphanie Quadros Tonelli

**RELAÇÃO ENTRE MICROTRINCAS DENTINÁRIAS E PROCEDIMENTOS
ENDODÔNTICOS: análise bibliométrica e desenvolvimento de modelo experimental**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Odontologia da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutora em Odontologia, Área de Concentração: Clínicas Odontológicas.

Linha de pesquisa: Propriedades Físicas, Químicas e Biológicas dos Materiais Odontológicos.

Orientador: Prof. Dr. Frank Ferreira Silveira

Belo Horizonte

2021

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Biblioteca da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

T664r	Tonelli, Stéphanie Quadros Relação entre microtrincas dentinárias e procedimentos endodônticos: análise bibliométrica e desenvolvimento de modelo experimental / Stéphanie Quadros Tonelli. Belo Horizonte, 2021. 136 f. : il. Orientador: Frank Ferreira Silveira Tese (Doutorado) - Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em Odontologia 1. Endodontia. 2. Canal radicular - Tratamento. 3. Microtomografia por Raio-X. 4. Preparo de canal radicular. 5. Bibliometria. 6. Instrumentos odontológicos. I. Silveira, Frank Ferreira. II. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em Odontologia. III. Título. CDU: 616.314.18
-------	---

Ficha catalográfica elaborada por Elizângela Ribeiro de Azevedo - CRB 6/3393

Stéphanie Quadros Tonelli

**RELAÇÃO ENTRE MICROTRINCAS DENTINÁRIAS E PROCEDIMENTOS
ENDODÔNTICOS: análise bibliométrica e desenvolvimento de modelo experimental**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Odontologia da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Odontologia, Área de Concentração: Clínicas Odontológicas.

COMPOSIÇÃO DA BANCA EXAMINADORA:

- 1- Profa. Dra. Luciana Carla Neves de Brito – UI
- 2- Profa. Dra. Isabella Faria da Cunha Peixoto – UFMG
- 3- Profa. Dra. Vânia Eloísa de Araújo Silva – PUC Minas
- 4- Prof. Dr. Eduardo Nunes – PUC Minas
- 5- Prof. Dr. Frank Ferreira Silveira – PUC Minas

DATA DA APRESENTAÇÃO E DEFESA: 23 de fevereiro de 2021

A tese, nesta identificada, foi aprovada pela Banca Examinadora

Prof. Dr. Frank Ferreira Silveira
Orientador

Prof. Dr. Rodrigo Villamarim Soares
**Coordenador do Programa de Pós-graduação
em Odontologia**

*A meu avô,
João Wanderbak Dias Quadros,
por ser a minha inspiração na ciência,
na educação, na sabedoria e no amor.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ser meu sustento, e ter me concedido saúde e fé para conquistar essa grande realização pessoal e profissional.

Ao meu pai, Alberto Avelar Tonelli, por ser meu porto seguro e meu melhor amigo e a minha mãe, Wanini Félix Quadros Tonelli, pelo amor incondicional e pela compreensão nos momentos mais difíceis.

Aos meus irmãos, Barbara Quadros Tonelli e João Vitor Quadros Tonelli, meus companheiros nessa profissão tão bonita, por serem meu incentivo e meus braços direito e esquerdo. Obrigada pelos momentos de descontração que tornaram o caminho mais leve.

Ao meu orientador, Professor Doutor Frank Ferreira Silveira, por toda a confiança depositada nas minhas ideias, no meu potencial e por ter sido mais do que um guia, um amigo que compartilhou comigo o que sabe sobre pesquisa, respeito e generosidade.

Ao coordenador do Programa de Pós-Graduação em Odontologia (PPGO) da PUCMinas pela admirável sensatez e prontidão em resolver todas as nossas demandas e às secretárias do PPGO, Silvânia e Angélica, pelo carinho e amizade.

Às minhas avós, pelas orações e aos meus tios e primos pela torcida e boas vibrações.

Agradeço pela parceria e ensinamentos dos meus colegas e amigos da UNIFIPMoc e do NASPP, no nome dos queridos professores: Marisa Matos e Fabíola Belkiss (minhas grandes parceiras), Valdemiro Fagundes, Rodrigo Caldeira, Maurício Andrade, Ágda Leite, Déicola Coelho, Sérgio Boaventura Renata Francine, Verônica, Adriana Benquerer e Bráulio Farias. E às minhas “chefinhas” Daniela Veloso e Fernanda Piana, minha eterna gratidão por toda a confiança e oportunidades.

Agradeço aos professores do Curso de Odontologia da Universidade Estadual de Montes Claros (Unimontes), aos tutores e preceptores da Residência Multiprofissional em Saúde da Família do Hospital Universitário Clemente de Faria, aos amigos da Turma XXIV de Odontologia da Unimontes e à turma 1998-2001 da Escola Estadual Dom João Antônio Pimenta pela acolhida e torcida.

Agradeço aos grandes amigos da Clínica Moderna, ao Professor Doutor Agnaldo Júnior, a Agnaldo Rocha pela confiança e parceria, e às minhas amigas Samara, Amanda e Lêda pelo companheirismo.

Agradeço aos irmãos que Deus me permitiu escolher: Wallace de Freitas, Priscila Rodrigues, Bel Ribeiro, Flávia Caroline, Ana Letícia Martins e Gabriela Araújo, por serem meus confidentes e incentivadores. E aos amigos que a Odontologia me presenteou: Franklim

Nascimento, Rodrigo Dantas, Lucas Moreira, Luma Almeida, Patrícia Maia, Bárbara Melo, Rildo Pêgo, Altair Soares, Rayner Wangles, Flávia Souza, Fábio Bruzinga, Daniel Pardini, Cida de Sá, Fred Laécio, Edla Oliveira e Vanessa Oliveira. Vocês são luz em minha vida!

Aos amigos Daniel Castro, Thandara Lommez, Giovana Michele, Raquel Andrade, Juliana Marcelino, Érika Sindeaux, Bárbara Sampaio e Jamile Martins e, que, apesar de qualquer “distância”, nem sempre física, sempre entenderam a correria do dia-a-dia e se fizeram presentes nas minhas vitórias e derrotas.

Aos colegas e amigos do doutorado, Aline Freitas, Guilherme Oliveira, Hércules Onibene, Idalísio Aranha, Nathália, Carol Girelli e Riviane, por compartilharmos nossos erros e acertos durante todos esses três anos. Às amigas do mestrado PUCMinas, Carol Drummond, Grazi Duarte, Carol Thompson e Camila Azevedo. Agradeço, em especial, a minha grande amiga e inspiração, Kênia Soares de Toubes, pelo seu companheirismo e carinho. Nossas trocas foram fundamentais nesse processo.

A todos os professores e alunos da família GEMOC, em nome do Professor Manoel Brito Júnior (*in memoriam*) e, particularmente, ao Professor Gil Moreira, por ser um grande exemplo para mim.

Aos parceiros dessa pesquisa, Professor Dr. Antônio Miranda (Universidade de Brasília), Professor Dr. André Pereira (Universidade Federal Fluminense) e ao professor, primo e amigo, Marcelo Avelar (Universidade de Buenos Àries), por terem abraçado a causa do meu projeto de pesquisa e terem aberto as portas de seus laboratórios para mim.

A todos os meus alunos e ex-alunos, em especial, aos acadêmicos da Turma I de Odontologia da Favenorte e da Turma II de Odontologia da UNIFIPMoc, meus afilhados tão amados, pela paciência e por toda a admiração devotados a mim.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Ensino Superior (CAPES) por me proporcionar uma bolsa de estudo que me permitiu concluir esse curso.

RESUMO

Diversos sistemas mecanizados, com cinemática, desenho e diâmetro/conicidade diferentes, são empregados durante os procedimentos em todas as fases do tratamento endodôntico. No entanto, há estudos na literatura que sugerem uma relação desses dispositivos com a produção/propagação de microtrincas dentinárias. O presente estudo é apresentado em dois artigos científicos. O primeiro, trata-se de uma análise bibliométrica e cientométrica dos artigos publicados nos últimos 10 anos que tratavam da relação de microtrincas dentinárias com procedimentos endodônticos. A busca dos artigos científicos foi realizada nas bases de dados Medline (PubMed) e Scopus usando a combinação dos termos de busca: Dentinal crack OR Dentinal Microcrack OR Crack formation OR Dentin Defect AND Endodontic treatment OR Root canal preparation OR Canal Preparation OR Root canal treatment OR endodontic procedures. A pesquisa também foi conduzida no *Journal of Endodontics* e *International Endodontic Journal*, principais periódicos com maior número de artigos publicados. Dos 556 resultados recuperados na busca, 45 estudos foram incluídos e analisados. Não foi observada tendência de aumento do número de artigos ao longo do tempo. A maioria dos estudos foram *in vitro* e conduzidos na Turquia, Brasil ou Índia. A microtomografia computadorizada (micro-CT) foi a principal técnica empregada nesses estudos, embora uma heterogeneidade metodológica tenha sido identificada. No segundo artigo, um modelo de estudo *in vitro* foi proposto para investigar a deformação da superfície radicular (DSR) e a correlação com a formação / propagação de microtrincas durante diferentes procedimentos endodônticos. Quatro incisivos inferiores humanos extraídos, livres de microtrincas com dimensões e achatamento similares foram selecionados por micro-CT antes dos procedimentos endodônticos. Dois extensômetros foram colados na superfície radicular de cada incisivo. Em seguida, os dentes foram incluídos para reproduzir o ligamento periodontal artificialmente. Os extensômetros foram acoplados a um sistema de aquisição de dados. A DSR (microstrain) foi mensurada durante todos os procedimentos endodônticos: abertura e acesso, preparo e limpeza dos canais radiculares e obturação com técnica padronizada. Cada incisivo foi submetido a um protocolo de retratamento e limpeza complementar diferente: 1- Reciproc + Flatsonic; 2- Reciproc + XP-endo Finisher; 3. Mtwo Retratamento (MTR) + Flatsonic; 4- MTR+ XP-endo Finisher (XPEF). Por fim, os dentes foram escaneados novamente para verificar a formação de microtrincas no pós-operatório por dois examinadores bem treinados e cegos quanto aos grupos experimentais. Os valores máximos e mínimos de DSR foram -120 e 510 microstrains, respectivamente, para todos os dispositivos. Reciproc apresentou os maiores

valores de microtensão durante o retratamento endodôntico em comparação com MTR. Flatsonic demonstrou uma variação superior entre DSR mínima e máxima do que XPEF. Nenhuma microtrinca foi observada nas amostras após os procedimentos. O modelo experimental sugerido associou dois métodos para avaliação dos efeitos dos sistemas endodônticos na dentina. Enquanto os extensômetros forneceram dados sobre as tensões geradas, a avaliação pré e pós-operatória das imagens por micro-TC permitiram verificar a formação/presença de microtrincas.

Palavras-chave: Tratamento endodôntico. Microtrincas dentinárias. Bibliometria. Análise experimental. Microtomografia computadorizada.

ABSTRACT

Several mechanized systems, with different kinematics, design, and diameter/taper, are used during procedures in all phases of endodontic treatment. However, there are studies in the literature that suggest a relationship between these devices and the production/propagation of dentin microcracks. The present study is presented in two scientific articles. The first is a bibliometric and scientometric analysis of articles published in the last 10 years on the relationship between dentin microcracks and endodontic procedures. The search for scientific articles was conducted in the Medline (PubMed) and Scopus databases using the combination of the search terms: Dentinal crack OR Dentinal Microcrack OR Crack formation OR Dentin Defect AND Endodontic treatment OR Root channel preparation OR Channel Preparation OR Root channel treatment OR endodontic procedures. The research was also conducted in the Journal of Endodontics and International Endodontic Journal, the main journals with the largest number of published articles. Of the 556 results after the search, 45 studies were included and analyzed. There was no trend towards an increase in the number of articles over time. Most of the studies were *in vitro* and were conducted in Turkey, Brazil, or India. Microtomography computed (micro-CT) was the main technique used in these studies, although methodological heterogeneity has been identified. In the second article, an *in vitro* study model was proposed to investigate root surface deformation (DSR) and the correlation with microcrack initiation/propagation during different endodontic procedures. Therefore, four human lower incisors extracted free of microcracks with similar dimensions and flatness were selected by micro-CT scanning before the endodontic procedures. Two extensometers were glued to the root surface of each incisor. Then, the teeth were included to artificially reproduce the periodontal ligament. The extensometers were coupled to a data acquisition system. The root surface strain (RSS) (microstrain) was measured during all endodontic procedures: endodontic access, cleaning, and preparation of root canals, and obturation using a standardized technique. Each incisor was submitted to a different treatment and supplementary cleaning protocol: 1- Reciproc + Flatsonic; 2- Reciproc + XP-endo Finisher (XPEF); 3. Mtwo Retreatment + Flatsonic; 4- Mtwo Retreatment + XPEF. Finally, the teeth were scanned again to check the formation of microcracks in the postoperative period by two well-trained examiners who were blind about the experimental groups. The maximum and minimum RSS values were -120 and 510 microstrains, respectively, for all files. Reciproc showed the highest microstrain values during endodontic retreatment compared to Mtwo R. Flatsonic demonstrated a superior variation between minimum and maximum DSR than

XPEF. No microcracks were observed in the samples after the procedures. The suggested experimental model combined two methods to evaluate the effects of endodontic systems on dentin. While strain gauges provided data on the stresses generated, the pre- and postoperative evaluation of the images by micro-CT allowed verifying the formation/presence of microcracks.

Keywords: Endodontic Treatment. Microcrack. Bibliometric. Experimental Analysis. Micro-Computed Tomography.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

EDTA	ácido etilenodiaminotetracético
MEV	Microscópio eletrônico de varredura
Micro-CT	Microtomografia computadorizada
MTR	Mtwo Retratamento
NaOCl	Hipoclorito de sódio
NiTi	Níquel-titânio
PQM	preparo químico-mecânico
PTN	ProTaper Next
PTU	ProTaper Universal
PTUR	ProTaper Universal Retratamento
PUI	irrigação ultrassônica passiva (<i>passive ultrasonic irrigation</i>)
RP	Reciproc
RPB	Reciproc Blue
SAF	Self Adjusting File
SCR	Sistema de canais radiculares
TFA	Twisted File Adaptive
XPEF	XP-endo Finisher
XPES	XP-endo Shaper
WO	WaveOne
WOG	WaveOne Gold

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	23
2 REFERENCIAL TEÓRICO	25
3 HIPÓTESES.....	37
4 OBJETIVOS	39
4.1 Objetivo geral.....	39
4.2 Objetivos específicos.....	39
5 MATERIAL E MÉTODOS	41
5.1 Análise bibliométrica.....	41
5.1.1 Estratégias de busca	41
5.1.2 Coleta de dados	42
5.1.3 Análise de dados	42
5.2 Modelo experimental <i>in vitro</i>	42
5.2.1 Aspectos éticos da pesquisa	42
5.2.2 Desenho do estudo	42
5.2.3 Pré-seleção dos espécimes	43
5.2.4 Escaneamento inicial por micro-CT e seleção de incisivos com canais achatados.....	44
5.2.5 Colagem dos strain gauges e reprodução artificial do ligamento periodontal.....	47
5.2.6 Acesso coronário, preparo e obturação dos canais radiculares	49
5.2.7 Remoção do material obturador.....	50
5.2.8 Métodos complementares de limpeza	52
5.2.9 Escaneamento final por micro-CT e análise de dados.....	54
6 ARTIGO CIENTÍFICO 1.....	55
7 ARTIGO CIENTÍFICO 2.....	83
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	105
REFERÊNCIAS.....	107
ANEXO A - Parecer Consubstanciado do Comitê de Ética em Pesquisa PUC Minas ..	113
ANEXO B - Dados Curriculares	117
ANEXO C - Produção intelectual do aluno durante o Curso de Doutorado	119
ANEXO D - Resgate histórico: o impacto da pandemia do novo coronavírus (COVID-19) na produção científica.....	135

1 INTRODUÇÃO

Objetivos biológicos e mecânicos devem ser alcançados durante o tratamento endodôntico mediante manobras de acesso coronário, preparo químico-mecânico (PQM), desinfecção e obturação do sistema de canais radiculares (SCR) (LAZARSKI *et al.*, 2001). Elevados índices de sobrevida têm sido verificados com a terapia endodôntica até mesmo em avaliações a longo prazo (BURRY *et al.*, 2016; LAZARSKI *et al.*, 2001; NG; MANN; GULABIVALA, 2011). Essas altas taxas podem ser explicadas devido à incorporação de novas tecnologias na Endodontia, pela crescente preocupação com a manutenção da cadeia asséptica e pelo desenvolvimento de sistemas mecanizados empregados durante todas as fases do tratamento endodôntico (BURRY *et al.*, 2016; CROZETA *et al.*, 2016; LAZARSKI *et al.*, 2001; NG; MANN; GULABIVALA, 2011).

Esses sistemas tornaram os procedimentos mais rápidos e simples. Por outro lado, o aumento do torque e da velocidade desses dispositivos favorecem às tensões no interior do SCR e estão associados ao surgimento de defeitos dentinários, como as microtrincas, comprometendo o prognóstico de dentes submetidos ao tratamento endodôntico (CAPAR *et al.*, 2015; ÇITAK; ÖZYÜREK, 2017, SOARES *et al.*, 2018; YILMAZ *et al.*, 2017). Em uma revisão da literatura, Soares *et al.* (2018) discutiram o efeito dos procedimentos endodônticos na forma final, no diâmetro cirúrgico do canal radicular e nas propriedades mecânicas dentárias, bem como os parâmetros e princípios biomecânicos de dentes tratados endodonticamente. Esses autores afirmaram que o desempenho e a sobrevida desses dentes estão fortemente relacionados aos eventos biomecânicos envolvidos em todas as fases do tratamento. Dessa forma, a seleção correta e o uso de instrumentos mecânicos e rotatórios são essenciais para evitar danos à dentina durante o PQM do SCR (SOARES *et al.*, 2018).

Muitos estudos ao longo dos últimos anos investigaram o surgimento de microtrincas dentárias em decorrência de procedimentos endodônticos (CITAK; OZOUREK, 2017; DE-DEUS *et al.*, 2014; DE-DEUS *et al.*, 2017; OLIVEIRA *et al.*, 2017; PRADEEPKUMAR *et al.*, 2019; SAHA *et al.*, 2017; YLMAZ *et al.*, 2017). Apesar de não haver consenso na literatura sobre essa relação de causa-efeito, uma revisão sistemática apontou que estudos em que o preparo mecânico foi associado como causa do desenvolvimento de defeitos dentinários baseavam-se em métodos destrutivos que constituem uma fonte adicional de estresse dos espécimes, como a secção radicular, seguida da observação direta ou por microscopia óptica (VALLE *et al.*, 2020). Ao contrário, a principal vantagem de estudos por microtomografia computadorizada (micro-CT) é preservar a amostra intacta, minimizando os danos a que os

dentes são submetidos (DE-DEUS *et al.*, 2014; DE-DEUS *et al.*, 2017; PRADEEPKUMAR *et al.*, 2019). Portanto, estudos microtomográficos têm sugerido que não há correlação entre a ação dos instrumentos endodônticos e a formação de microtrincas dentinárias (DE-DEUS *et al.*, 2017; PRADEEPKUMAR *et al.*, 2019). No entanto, vale ressaltar que há uma variedade metodológica considerável entre esses estudos (SOARES *et al.*, 2018; VALLE *et al.*, 2020).

Neste contexto, a bibliometria e a cientometria têm sido frequentemente usadas para o estudo de um grande volume de publicações, bem como para aferir vários tipos de atividades científicas (SHAMSZADEH *et al.*, 2019). A cientometria utiliza-se de várias técnicas que permitem a visualização e compilação de informações e busca por referencial para estudar a evolução das publicações em diversos campos da ciência (CHANDRA, 2018; OLDHAM *et al.*, 2012). As análises bibliométricas auxiliam no mapeamento da produção científica em um campo e, portanto, permitem aos pesquisadores e agências de financiamento a se planejar/concentrar em áreas pouco investigadas, além de tomar decisões mais eficientes relacionadas à saúde pública/gestão em saúde (SHAMSZADEH *et al.*, 2019).

Estudos *in vitro* consistem em estudos de base e são essenciais na Odontologia, tendo em vista que muitos procedimentos/avaliações não são possíveis ou, ainda, apresentam uma grande dificuldade de serem conduzidos clinicamente (DE-DEUS *et al.*, 2014; DE-DEUS *et al.*, 2017). Esse tipo de estudo permite a experimentação pré-clínica de novas técnicas, medicações, materiais, sistemas, etc, bem como a avaliação dos seus efeitos nos tecidos/órgãos humanos. A investigação biomecânica em dentes submetidos a procedimentos endodônticos, por sua vez, apresenta limitações em estudos *in vivo* (SOARES *et al.*, 2018). Ao mesmo tempo, é essencial conhecer os vários dispositivos disponíveis no mercado e seus efeitos sobre a dentina radicular nos diversos procedimentos endodônticos (AMADE *et al.*, 2013; CAPAR *et al.*, 2015; ESTRELA *et al.*, 2017; SOARES *et al.*, 2018). Apesar de estudos investigarem a produção de microtrincas dentinárias em decorrência do PQM, há poucos estudos na literatura que analisaram e quantificaram as tensões provocadas por esses dispositivos no interior dos canais radiculares (JAMLEH *et al.*, 2015).

Neste sentido, o presente estudo teve por objetivo analisar, quantificar e caracterizar a produção científica e as tendências dos artigos publicados entre 2010 e 2020 que avaliaram a formação de microtrincas dentinárias em decorrência de procedimentos endodônticos, bem como descrever um modelo de estudo *in vitro* para investigação da deformação da superfície radicular (DSR) e a correlação com a iniciação / propagação dessas microtrincas a partir da utilização de diferentes sistemas mecanizados.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Atualmente, as fraturas dentárias em dentes tratados endodônticamente tem sido motivo de preocupação na Odontologia, uma vez que comprometem o prognóstico e a longevidade dos tratamentos (DE-DEUS *et al.*, 2017; SOARES *et al.*, 2018). A fratura radicular pode ser definida como um evento clínico desagradável e devastador e é apontada como um dos principais motivos da perda dentária (CAPAR *et al.*, 2015; WILCOX, 1997; YOLDAS *et al.*, 2012). Ao longo dos anos, várias causas hipotéticas para fratura radicular foram sugeridas, incluindo a hipótese de que essas fraturas seriam iniciadas a partir de defeitos dentinários, como as microtrincas (DE-DEUS *et al.*, 2017). Essas microtrincas seriam originadas pelas forças de compactação durante a obturação ou na reabilitação desses dentes, em especial pela instalação de retentores intracanal (CAPAR *et al.*, 2015; DE-DEUS *et al.*, 2017; SOARES *et al.*, 2018).

O preparo do canal radicular realizado por instrumentos mecanizados de níquel-titânio (NiTi), por sua vez, tem sido relacionado como principal causa da iniciação e propagação dessas microtrincas (ARIAS *et al.*, 2014). Vários estudos ao longo dos últimos anos objetivaram estudar essa relação (VALLE *et al.*, 2020). No entanto, parece não haver um consenso na literatura sobre essa relação de causa-efeito.

Arias *et al.* (2014) realizaram um estudo piloto em modelo de cadáver para comparar duas técnicas de instrumentação em relação à indução de microtrincas dentinárias. Três incisivos inferiores de cada um dos 6 crânios de cadáveres humanos adultos foram distribuídos aleatoriamente em 3 grupos: controle (GC-sem instrumentação), PQM com técnica manual coroa-ápice (GT) e com WaveOne (WO) *Primary*. Os dentes foram extraídos das mandíbulas por excisão cuidadosa de tecido mole e osso, sob magnificação. As raízes foram seccionadas horizontalmente a 3, 6 e 9 mm do ápice. A presença de microtrincas dentinárias, sua extensão (incompleta/completa), direção (vestibulolingual ou mesiodistal) e localização foram avaliadas criteriosamente. Microtrincas foram encontradas em 50% (GC e GT) e 66% (WO) nas seções a 3 mm do ápice; 16,6% (GC) e 33,3% (GT e WO) a 6 mm; e 16,6% nos 3 grupos a 9 mm do ápice, sem diferenças significativas entre os grupos. Todas as microtrincas detectadas no estudo foram consideradas incompletas e apresentavam direção vestibulolingual.

Ashwinkumar *et al.* (2014) compararam a formação de microtrincas dentinárias durante o PQM com vários sistemas. Cento e cinquenta primeiros molares inferiores foram selecionados. Trinta dentes não foram preparados (grupo controle), e os 120 restantes foram

divididos em quatro grupos experimentais, de acordo com as limas empregadas no PQM: limas manuais de Ni-Ti, limas manuais Protaper Universal (PTU), limas rotatórias PTU e limas reciprocantes WO (*primary*). As raízes foram seccionadas a 3, 6 e 9 mm do ápice, e a superfície dos cortes foi observada em microscópio eletrônico de varredura (MEV) e verificada a presença de microtrincas dentinárias. Os grupos controle e preparados com limas manuais de Ni-Ti não foram associados a microtrincas, já nos experimentais, esses defeitos foram observados. As limas rotatórias PTU foram associadas a um número significativamente maior de microtrincas do que as limas manuais PTU e reciprocantes (WO).

De-Deus *et al.* (2014) investigaram a frequência de microtrincas dentinárias observadas após o PQM com sistemas reciprocantes e rotatórios por meio de micro-CT. Para tanto, trinta raízes mesiais de molares inferiores foram divididos aleatoriamente em 3 grupos experimentais (n = 10), de acordo com o sistema utilizado para a instrumentação do SCR: grupo A-Reciproc (RP), grupo B-WO, e grupo C-BioRaCe. Um segundo e terceiro escaneamentos foram realizados após o preparo dos canais radiculares com instrumentos de tamanhos 25 e 40, respectivamente. Os dentes foram escaneados antes e após os procedimentos e as imagens (n = 65.340) foram rastreadas para identificar a presença de microtrincas dentinárias. Foram identificadas microtrincas em 8,72% (n = 5697), 11,01% (n = 7197) e 7,91% (n = 5169) das secções dos grupos A, B e C, respectivamente. Todos os defeitos dentinários identificados nas seções pós-operatórias também foram observados nas imagens pré-operatórias correspondentes, não sendo constatada relação causal entre a formação de microtrincas dentinárias e o PQM com os sistemas RP, WO e BioRaCe.

Jamleh *et al.* (2015) com o objetivo de determinar a deformação da superfície radicular gerada durante o PQM do canal radicular e seus efeitos no desenvolvimento de microtrincas apicais. Neste contexto, vinte e cinco pré-molares inferiores humanos extraídos foram selecionados e tiveram suas coroas seccionadas. Os dentes foram instrumentados com os sistemas PTU ou WO (n = 10) e 5 dentes não foram preparados (controle). Um extensômetro elétrico foi fixado na superfície da raiz proximal e conectado a um amplificador de deformação por meio de uma caixa de ponte para medir a deformação da superfície radicular. Durante o PQM do canal, a saída de tensão do amplificador foi registrada. Foram determinados os RSS instantâneos induzidos por cada instrumento e os RSSs máximos. Todos os dentes foram, então, corados com meio de contraste e fotografados com micro-CT. WO apresentou menor tendência de formação de microtrincas em comparação ao grupo PTU. Os resultados desse estudo apontam que o PQM parece estar associado a microtrincas apicais, independentemente do tipo de movimento do instrumento.

Um estudo *in vitro* avaliou o efeito do uso de RC Prep durante o preparo do SCR na incidência de defeitos nas paredes do canal radicular. Para isso, Adl, Sedigh-Shams e Majd (2015) dividiram aleatoriamente cem incisivos inferiores extraídos com canal único em 5 grupos (n = 20). Todos os dentes foram submetidos o preparo do terço cervical com brocas Gates Glidden. No grupo controle (G1) nenhum preparo apical foi realizado e, nos demais grupos (G2 – G5), os dentes foram preparados com instrumentos rotatórios PTU. A diferença entre os grupos experimentais foi a solução irrigante empregada: G2 - solução salina; G3 - solução salina e RC Prep; G4 - hipoclorito de sódio (NaOCl); G5, NaOCl e RC Prep. A superfície radicular recebeu cortes horizontais a 3, 6 e 9 mm do ápice, sendo posteriormente observadas ao microscópio para avaliação da presença de microtrincas. Os resultados desse estudo apontaram que RC Prep foi incapaz de reduzir o risco de defeitos dentinários. Ainda segundo os autores, o NaOCl causou mais defeitos em comparação com solução salina.

Aydin *et al.* (2015) avaliaram a incidência da formação de microtrincas no PQM realizado com RP, WO e Twisted File Adaptive (TFA) com e sem a aplicação do ácido etilenodiaminotetracético (EDTA) em gel. Setenta pré-molares inferiores extraídos tiveram suas raízes seccionadas para a obtenção de espécimes com comprimento padronizado de 16 mm. A amostra foi distribuída em sete grupos: grupo 1, sem preparo (controle); grupo 2, RP; grupo 3, RP+ EDTA; grupo 4, WO; grupo 5, WO + EDTA; grupo 6, TFA; grupo 7, TFA + EDTA. As raízes foram seccionadas horizontalmente a 3, 6 e 9 mm do ápice e observadas sob estereomicroscópio. O número e a incidência de trincas foram registrados e analisados estatisticamente. O grupo controle não revelou nenhuma fissura. A formação de microtrincas com os três sistemas de Ni-Ti foi semelhante. O uso de gel de EDTA não reduziu a ocorrência de microtrincas.

Capar *et al.* (2015) investigaram a incidência de fraturas e microtrincas dentinárias após instrumentação rotatória e obturação com condensação lateral a frio (CL), obturação com técnica do cone único (SC) e compactação vertical da guta-percha aquecida (WV), bem como após desobstrução para cada uma dessas técnicas de obturação. Para isso, foram selecionados 160 incisivos inferiores, onde 20 não foram preparados e serviram de controle, e os restantes 140 dentes foram instrumentados. Vinte dentes foram apenas instrumentados e os outros 120 restantes foram distribuídos em três grupos de acordo com a técnica de obturação e três grupos de retratamento (n = 20). Todas as raízes foram seccionadas perpendicularmente ao longo eixo dentário a 2, 4, 6 e 8 mm do ápice, e as seções foram observadas sob estereomicroscópio. A ausência/presença de fraturas radiculares verticais foi registrada e os dados foram analisados. Não foram observadas fraturas radiculares completas nos grupos não

preparados e apenas instrumentados. No entanto, fraturas verticais foram observadas nos grupos obturados (particularmente após a técnica WV) e submetidos a desobturação, que provocou maior quantidade de microtrincas após SC, WV e CL do que as somente preparadas e obturadas por SC. As técnicas de obturação (exceto SC) causaram mais microtrincas que a instrumentação inicial, enquanto a SC causou menos microtrincas em comparação com as outras técnicas. A desobturação após as diferentes técnicas de obturação (exceto CL) causou mais microtrincas que a instrumentação inicial dos canais radiculares.

De Deus *et al.* (2015) objetivaram identificar a ocorrência de microtrincas dentinárias após instrumentação com os sistemas Protaper Next (PTN) e TFA por meio de micro-CT. Vinte raízes mesiais ligeiramente curvas de molares inferiores, com configuração do canal do tipo II de Vertucci, foram divididas aleatoriamente em 2 grupos experimentais (n = 10), de acordo com o sistema utilizado no preparo PTN ou TFA. As amostras foram escaneadas por micro-CT de alta resolução antes e após o PQM. Após a aquisição das imagens transversais (n = 25.820) as mesmas foram rastreadas para identificar a presença de defeitos dentinários. Microtrincas foram observadas em 38,72% (n = 5150) e 30,27% (n = 3790) das imagens transversais nos grupos PTN e TFA, respectivamente. Todos os defeitos dentinários identificados nas imagens pós-operatórias já estavam presentes nas imagens pré-operatórias correspondentes. Concluíram que o PQM com os sistemas PTN e TFA não induziu a formação de novas microtrincas dentinárias.

De Deus *et al.* (2017) avaliaram microtrincas dentinárias após o PQM com os sistemas RP e PTU usando um modelo de cadáver *in situ* por meio de micro-CT. Na autópsia, 8 blocos ósseos maxilares com pelo menos os primeiros e segundos pré-molares (n = 16) foram isolados e escaneados com resolução de 13,18 µm e distribuídos aleatoriamente em 2 grupos (n = 8) de acordo com o protocolo de preparo: RS (R25) e PTU (até F2). Após os procedimentos de instrumentação, os espécimes foram novamente escaneados e as imagens de seções transversais pré e pós-operatórias (n = 19.060) foram selecionadas para identificar a presença de microtrincas. No grupo RP, foram analisadas 9176 imagens e não foi observada nenhuma microtrinca. No grupo PTU, 244 de 9884 fatias de seção transversal (2,46%) apresentavam defeitos dentinários. No entanto, todos os defeitos já estavam presentes nas imagens pré-operatórias correspondentes, indicando que nenhuma nova microtrinca surgiu após o PQM.

Saha *et al.* (2017) avaliaram a incidência de formação de microtrincas nas raízes após o preparo do canal com os sistemas Mtwo, PTN e Self-Adjusting File (SAF). Cento e vinte e cinco pré-molares inferiores extraídos por razões ortodônticas foram selecionados e tiveram

suas cavidades de acesso padronizadas. Os dentes foram divididos em três grupos experimentais e um grupo controle de acordo com o preparo: (1) Mtwo, com diâmetro apical de 0,40 mm e cone de 0,04; (2) PTN até diâmetro apical de 0,40 mm e cone apical de 6,5%; (3) SAF (1,5 mm); (4) sem preparo. As raízes foram seccionadas a 3, 6 e 9 mm do ápice e examinadas com MEV para verificar a presença de microtrincas. A maior incidência de microtrincas esteve associada ao PTN (80%), seguido pelo grupo Mtwo (70%) e pelo grupo SAF (10%). Neste estudo, todos os sistemas foram associados a trincas, embora SAF tenha provocado uma menor incidência.

Bayram *et al.* (2017a) avaliaram a prevalência de microtrincas dentárias após o PQM com PTU, Protaper Gold (PTG), SAF e XP-endo Shaper (XPES) usando micro-CT. Neste contexto, 40 pré-molares inferiores humanos extraídos, com canal único e raiz reta, foram divididos aleatoriamente em 4 grupos experimentais (n = 10), de acordo com os diferentes sistemas de NiTi usados no PQM: PTU, PTG, SAF e XPES. Nos grupos SAF e XP, os canais foram preparados primeiro com uma lima K até o número 25 no comprimento de trabalho e, em seguida, as limas SAF ou XP foram usados. As amostras foram escaneadas usando imagens tomográficas computadorizadas de alta resolução antes e após o PQM. Posteriormente, imagens transversais pré e pós-operatórias dos dentes foram examinadas para identificar a presença de defeitos dentinários. Para cada grupo, o número de microtrincas foi determinado como um percentual. O sistema PTU aumentou significativamente o percentual de microtrincas em comparação com as amostras pré-operatórias. Nenhuma nova microtrinca dentinária foi observada nos grupos PTG, SAF ou XPES. Os sistemas PTG, SAF e XPES não induziram a formação de novas microtrincas dentinárias durante preparo de canais radiculares retos de pré-molares inferiores.

Em estudo similar, Bayram *et al.* (2017b) avaliaram a ocorrência de microtrincas dentinárias após o preparo do canal radicular com sistemas mecanizados diferentes. Neste caso, 40 incisivos inferiores humanos com canal único e reto foram divididos aleatoriamente em 4 grupos experimentais (n = 10) e 1 grupo controle: grupo 1, HyFlex CM; grupo 2, HyFlex EDM; grupo 3, Vortex Blue; e grupo 4, TRUShape. As amostras também foram escaneadas por micro-TC antes e após o preparo. Ao todo, foram examinadas 36.152 imagens transversais. Foram observados quatro mil quatrocentos e cinquenta e dois (12,31%) defeitos dentinários nas imagens microtomográficas, no entanto, não foram identificadas novas microtrincas após a instrumentação do canal radicular. O estudo sugeriu que os sistemas HyFlex CM, HyFlex EDM, Vortex Blue e TRUShape não induziram a formação de novas microtrincas dentinárias em canais retos de incisivos inferiores.

Çitak e Özyürek (2017) selecionaram 150 incisivos inferiores com canais radiculares únicos e retos com o objetivo de comparar os defeitos dentinários causados por diferentes instrumentos mecanizados durante a remoção da guta percha. Todos os canais radiculares foram preparados até um diâmetro apical de 0,4 mm usando limas de aço inoxidável. Trinta dentes foram armazenados aleatoriamente como grupo controle negativo. Cento e vinte espécimes foram obturados padronizadamente. Trinta espécimes obturados foram separados aleatoriamente para o controle positivo. Em seguida, os dentes restantes foram divididos em 3 grupos experimentais, de acordo com o sistema de retratamento: RP, TF Adaptive e PTN. Em seguida, toda a amostra foi seccionada perpendicularmente ao longo eixo dentário a distâncias de 3, 6 e 9 mm do ápice e examinados para determinar a presença de qualquer linha de fratura ou microtrinca com auxílio de estereomicroscópio. Verificou-se que todos os sistemas de limas de NiTi testados causaram significativamente mais defeitos dentinários em comparação com grupos controle.

Oliveira *et al.* (2017) compararam a formação de microtrincas dentinárias na região apical de incisivos inferiores após preparo de canais radiculares com limas manuais, rotatórias e reciprocantes em diferentes comprimentos de trabalho (CT). Para isso, sessenta dentes foram divididos aleatoriamente em 6 grupos (n = 10), de acordo com os sistemas e os CT utilizados para o PQM: PTU manual, HyFlex CM e RP sendo acionadas no comprimento do forame apical (FA) e 1 mm antes do FA (FA - 1 mm). Os dentes foram escaneados por micro-CT antes e após o preparo do canal radicular, e as imagens transversais foram avaliadas para a presença de microtrincas. Dezesete amostras (28,3%) apresentaram microtrincas antes da instrumentação. As microtrincas apicais estavam presentes em 1 (PTU manual), 3 (Hyflex CM) e 2 (RP) espécimes quando a instrumentação atingiu o FA. Quando o CT foi determinado em FA - 1 mm, foram detectadas microtrincas apicais em 3 amostras (PTU manual) e 4 (Hyflex CM e RP). As microtrincas detectadas após o PQM já estavam presentes antes da instrumentação, e nenhuma nova microtrinca apical foi visualizada.

Yilmaz *et al.* (2017) compararam a incidência e a propagação longitudinal dos defeitos dentinários após a remoção da guta-percha com instrumentos manual e rotatórios. Vinte incisivos inferiores foram preparados usando a técnica de força balanceada e escaneados por micro-CT. Após obturação com a técnica de compactação lateral, a guta-percha foi removida com PTU Retratamento (PTUR) ou instrumentos manuais. Após o escaneamento foram analisadas 24.120 imagens de seção transversal. Os números, os tipos e as mudanças de comprimento longitudinal dos defeitos foram registrados. Foram observados defeitos em 36,90% das secções transversais. Um total de 73 defeitos foram constituídos por 87,67% de

trincas, 2,73% de trincas parciais e 9,58% de fraturas. Não houve diferença significativa em termos de nova formação de defeitos entre os grupos e as porções apical e média das raízes apresentaram mais defeitos dentinários do que as porções cervicais. Os defeitos em três raízes do grupo PTUR aumentaram em extensão. Nas condições deste estudo *in vitro*, a remoção de guta-percha pareceu não aumentar a incidência de defeitos dentinários, contudo, a propagação longitudinal de alguns defeitos sugere possíveis danos dentinários cumulativos devido a procedimentos endodônticos adicionais.

Aboud *et al.* (2018) avaliaram o efeito do envelhecimento na formação de microtrincas dentinárias após procedimentos de tratamento e retratamento em um estudo de micro-CT. Para isso, quarenta incisivos inferiores unirradiculares recém-extraídos com volume de raiz semelhante foram divididos em dois grupos de acordo com a idade do paciente: jovem (18 - 30 anos) e antigo (60 anos ou mais). Cada espécime foi escaneado por micro-CT em três etapas: (i) antes de qualquer tratamento, (ii) após o tratamento endodôntico com limas RP e (iii) após o retratamento endodôntico subsequente. Cada grupo foi subdividido em dois subgrupos, de acordo com a técnica de retratamento utilizada: retratamento com REC ou com limas PTUR. Para cada subgrupo, as imagens foram analisadas quanto a diferenças no volume das microtrincas dentinárias nos terços médio e apical dos dentes, de acordo com a idade dentinária. Em ambas as etapas (antes e depois da instrumentação), as imagens de micro-TC da dentina radicular antiga apresentaram maior volume de trincas do que as da dentina radicular jovem, apesar da significância estatística. O uso das limas REC pareceu não ter diferenças estatisticamente significativas na geração de trincas em nenhum tipo de dentina radicular quando comparadas às limas PTUR. Quando retratada com PTUR, a dentina radicular envelhecida apresentou um volume significativamente maior de trincas quando comparada com a dentina radicular antiga inicialmente.

Braun *et al.* (2018) investigaram o efeito do uso de um laser de diodo de 970 nm na quantidade de microtrincas dentinárias causadas a partir de diferentes parâmetros para procedimentos de desinfecção endodôntica. Quarenta raízes dentárias foram submetidas a PQM de forma padronizada. Cada amostra foi alocada aleatoriamente em 4 grupos (n = 10) que receberam tempo de irradiação laser constante ou intermitente, desinfecção com hidróxido de cálcio ou um grupo controle. A microscopia de transmissão de todas as amostras foi realizada em T0, antes do preparo; T1, imediatamente após o preparo endodôntico; e T2, após a aplicação do laser nos grupos de laser e após 1 semana de armazenamento nos grupos controle e hidróxido de cálcio. As microtrincas em cada ponto de medição foram marcadas

com cores, em camadas e comparadas. Dos resultados desse estudo, pôde-se afirmar que o protocolo de laser proposto clinicamente parece ser capaz de prevenir efeitos colaterais ao tecido, como microtrincas dentinárias.

Aydin, Keskin e Özyürek (2019) compararam o efeito de limas de uso único: Reciproc Blue (RPB), XPS e WaveOne Gold (WOG) na formação de microtrincas dentinárias. Vinte e quatro raízes mesiais (24 canais mésio-vestibulares e 24 mésio-linguais) de dentes molares inferiores foram preparadas usando limas RB, XPS e WOG ($n = 8$). As amostras foram escaneadas usando micro-CT antes e após o PQM. As imagens transversais dos dentes foram avaliadas para detectar a presença de microtrincas. Para cada grupo, o número de microtrincas foi calculado como uma taxa percentual. Microtrincas dentinárias foram observadas em 25,99%, 31,99% e 36,66% das imagens transversais dos grupos XPS, WOG e RB, respectivamente. Em todos os grupos, as microtrincas dentinárias detectadas nas secções transversais pós-tratamento estavam presentes nas imagens pré-tratamento correspondentes, ou seja, os sistemas estudados não causaram a formação de novas microtrincas dentinárias ou propagação de microtrincas dentinárias existentes.

Aksoy *et al.* (2019) conduziram um estudo para avaliar a frequência de microtrincas dentinárias observadas após o preparo do SCR com os instrumentos XPES, RB e PTU usando micro-CT. Trinta primeiros e segundos molares inferiores extraídos com raízes mesiais tendo 2 canais separados com um ângulo entre 10° e 20° foram aleatoriamente designados a 3 grupos experimentais ($n = 10$) de acordo com os diferentes sistemas de NiTi usados para o preparo do SCR: XP, RB e PTU. Os espécimes foram escaneados antes e após o preparo do SCR. Em seguida, imagens transversais pré e pós-operatórias dos dentes foram avaliadas para identificar a presença de defeitos dentinários. Nenhuma nova microtrinca dentinária foi observada nos grupos XP e RB. O sistema PTU aumentou significativamente a taxa de porcentagem de microtrincas em comparação com as amostras pré-operatórias. O PQM com sistemas XP e RB parecem não induzir a formação de novas microtrincas dentinárias nas raízes mesiais de molares inferiores.

PradeepKumar *et al.* (2019) realizaram estudo *in vivo* no intuito de avaliar o desenvolvimento de microtrincas dentinárias após o preparo do SCR de pré-molares antagonistas com instrumentos rotatórios ou manuais, utilizando micro-CT. Sessenta pré-molares superiores e inferiores antagonistas intactos, indicados à extração para fins ortodônticos, foram selecionados e distribuídos em grupos de controle positivo ($n = 6$, dentes com microtrincas radiculares induzidas) e negativos ($n = 6$, dentes intactos), além de 2 grupos experimentais ($n = 24$) de acordo com o protocolo de instrumentação: sistemas PTU rotatório

ou manual. Após a instrumentação, os dentes foram extraídos usando técnica atraumática e escaneados por micro-CT. Um total de 43.361 imagens transversais das raízes foram rastreadas quanto à presença de microtrincas dentinárias. Todas as raízes do grupo controle positivo apresentaram microtrincas no terço apical, enquanto que nenhuma microtrinca foi observada nas amostras do grupo controle negativo. No grupo PTU rotatório, 17.114 imagens transversais foram analisadas e nenhuma microtrinca foi observada. No grupo manual, microtrincas dentinárias foram observadas em 116 de 17.408 fatias transversais (0,66%) de apenas 1 amostra. Essas microtrincas incompletas se estenderam da superfície radicular externa para a dentina radicular interna, na área de espessura reduzida da dentina. O estudo pôde concluir que o PQM de pré-molares superiores e inferiores antagonistas com instrumentos tanto manuais quanto rotatórios do sistema PTU não resultou na formação de microtrincas dentinárias *in vivo*.

Sachdeva, Nikhil e Jha (2019) compararam a formação e propagação de microtrincas durante o preparo apical do SCR com insertos ultrassônicos, com pontas revestidas com nitreto de zircônio e diamante por meio de micro-CT. Vinte e oito pré-molares inferiores extraídos tiveram suas coroas seccionadas e foram escaneados para análise da presença de microtrincas pré-existentes. As amostras foram preparadas, obturadas e novamente digitalizadas para determinar aumento no número de microtrincas. As raízes foram seccionadas a 3 mm do ápice e divididas aleatoriamente de acordo com o preparo apical: grupo 1 (n = 12): ponta ProUltra Surg; grupo 2 (n = 12): ponta KiS; e grupo 3 (n = 4): nenhum preparo foi feito. Microtrincas pré-existentes foram observadas em poucas amostras. O aumento médio do número percentual de microtrincas após o PQM no grupo ProUltra Surg foi de 1,25 e no grupo KiS foi de 0,5. A diferença no aumento percentual médio para o número de microtrincas após preparo apical usando a ponta ProUltra Surg e a ponta KiS foi de 0,75. No entanto, essa diferença não foi estatisticamente significativa.

O objetivo do estudo de Katanec *et al.* (2020) foi avaliar a formação de MD após o preparo do SCR com os instrumentos *self-adjusting-file* (SAF), RB e PTN em pré-molares jovens por meio de micro-TC. Quarenta e cinco pré-molares superiores, com dois canais, foram extraídos por motivos ortodônticos de pacientes de 16 a 20 anos e armazenados por até dois meses. Os dentes foram escaneados e divididos aleatoriamente em três grupos, de acordo com o sistema de preparo: SAF, RB e PTN. Posteriormente, as amostras foram escaneadas nas mesmas condições de antes, em condições úmidas e 24 horas após a secagem. A presença de MD foi avaliada por meio do software de processamento de imagem Volume Graphics VGStudio Max 3. Não foi encontrado nesse estudo *in vitro* qualquer defeito em dentina em

qualquer amostra avaliada, nem em exames pré ou pós-operatórios em condições úmidas e secas.

Alkahtany e Al-Madi (2020) avaliaram a formação de microtrincas dentinárias em canais radiculares instrumentados, com XPES e PTU, por meio de micro-CT. Dezenove raízes mesiais com dois canais separados (Vertucci Tipo IV) de molares inferiores extraídos foram usados nesse estudo. Os canais radiculares ($n = 38$) foram divididos em 2 grupos. Grupo 1 ($n = 19$): todos os canais MB foram instrumentados com XPES. Grupo 2 ($n = 19$): todos os canais ML foram instrumentados com PTU. Todas as raízes foram escaneadas com micro-CT antes e depois do PQM. As microtrincas dentinárias (completas e incompletas) foram contabilizadas em cada terço da raiz para as imagens de pré e pós-instrumentação. O número de microtrincas aumentou significativamente após a instrumentação com XPES nos terços médio e cervical e com PTU no terço cervical, apenas. Não houve diferença significativa entre os grupos nos terços cervical e apical. No terço médio, XPES induziu mais microtrincas incompletas do que PTU.

Com o objetivo de avaliar a incidência de microtrincas radiculares após duas técnicas de exodontia por meio de micro-TC, Arashiro *et al.* (2020) selecionaram 30 pares de pré-molares homólogos, extraídos por razões ortodônticas. Os 60 dentes foram randomizados em 2 grupos experimentais, conforme um desenho de boca dividida ($n = 30$): grupo de técnica traumática (TTG) - dentes extraídos segundo protocolo convencional com fórceps e grupo de técnica atraumática (ATG) - dentes extraídos seguindo um protocolo de técnica atraumática em que a raiz foi gentilmente destacada do ligamento periodontal usando um periótomo. Todos os dentes foram imediatamente imersos em água destilada e escaneados por micro-CT. As imagens geradas foram avaliadas por dois avaliadores cegos. Foram observadas microtrincas em 5 dentes do grupo TTG ($n = 352$ imagens) e em 2 dentes do grupo ATG ($n = 103$ imagens). Não houve diferença significativa entre os grupos quanto a número e frequência de dentes que apresentam microtrincas dentinárias. Um pequeno número de dentes hígidos sem tratamento endodôntico apresentou defeitos dentinários, independentemente da técnica de extração aplicada.

Uma revisão sistemática avaliou publicações que analisaram a ação de diferentes técnicas de PQM (manual, rotatório, reciprocante, misto e SFA) na formação de microtrincas dentinárias (VALLE *et al.*, 2020). Estudos *in vitro* e *in situ* comparando a influência de pelo menos duas técnicas diferentes foram pesquisados no PubMed / MEDLINE e SCOPUS sem restrição de idioma e data de publicação. Cinquenta e quatro artigos foram incluídos no estudo. Os resultados foram classificados de acordo com o método utilizado para avaliação das

microtrincas, sendo que a maioria dos estudos que utilizaram a micro-CT não evidenciou a formação de novas trincas após o PQM. Em geral, as técnicas de instrumentação parecem induzir a formação de microtrincas quando os métodos são destrutivos, independentemente da cinemática empregada. Em relação ao limite apical do término da instrumentação, quando o mesmo é definido a 1 mm do vértice radiográfico, o risco de defeitos dentinários foi reduzido. A maioria dos estudos incluídos apresentou baixo risco de viés para os domínios avaliados. Esses dados sugerem que as diversas técnicas de preparo de canais radiculares consideradas neste estudo não são capazes de causar danos à estrutura dentonária quando adequadamente empregadas.

3 HIPÓTESES

- a) Hipótese nula 1: os estudos publicados entre 2010 e 2020 **não observaram** relação entre os sistemas mecanizados utilizados nos procedimentos endodônticos para preparo o químico-mecânico do SCR, remoção do material obturador e limpeza adicional e a produção de microtrincas dentinárias;
- b) Hipótese alternativa 1: os estudos publicados entre 2010 e 2020 **observaram** relação entre os sistemas mecanizados utilizados nos procedimentos endodônticos para preparo o químico-mecânico do SCR, remoção do material obturador e limpeza adicional e a produção de microtrincas dentinárias;
- c) Hipótese nula 2: **não há heterogeneidade** entre as metodologias empregadas nos estudos publicados entre 2010 e 2020 que relacionaram os sistemas mecanizados utilizados nos procedimentos endodônticos para preparo o químico-mecânico do SCR, remoção do material obturador e limpeza adicional à produção de microtrincas dentinárias;
- d) Hipótese alternativa 2: **há heterogeneidade** entre as metodologias empregadas nos estudos publicados entre 2010 e 2020 que relacionaram os sistemas mecanizados utilizados nos procedimentos endodônticos para preparo o químico-mecânico do SCR, remoção do material obturador e limpeza adicional à produção de microtrincas dentinárias.

4 OBJETIVOS

4.1 Objetivo geral

Analisar, quantificar e caracterizar a produção científica e as tendências dos artigos publicados entre 2010 e 2020 que avaliaram a formação de microtrincas dentinárias em decorrência de procedimentos endodônticos, bem como descrever um modelo de estudo *in vitro* para investigação da deformação da superfície radicular (DSR) e a correlação com a iniciação/propagação dessas microtrincas a partir da utilização de diferentes sistemas mecanizados.

4.2 Objetivos específicos

- a) realizar uma análise bibliométrica/cientométrica para caracterizar o estado das pesquisas e publicações no campo da relação entre microtrincas dentinárias e procedimentos endodônticos;
- b) identificar os parâmetros envolvidos (autores, países, financiamento e periódicos) na publicação de artigos dentro da temática e examinar seu papel na produção científica;
- c) propor um modelo de estudo *in vitro* para investigação da deformação da superfície radicular (DSR) e a correlação com a iniciação / propagação dessas microtrincas a partir da utilização de diferentes sistemas mecanizados
- d) mensurar as tensões geradas por diferentes sistemas endodônticos na superfície radicular;
- e) avaliar por meio de imagens microtomográficas a presença/formação de microtrincas dentinárias a partir da utilização de diferentes combinações de sistemas de limas/dispositivos endodônticos.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Análise bibliométrica

A análise bibliométrica foi conduzida de forma sistemática, com base na sequência e nos procedimentos descritos nas seções 5.1.1 a 5.1.3.

5.1.1 Estratégias de busca

A busca dos artigos científicos foi conduzida nas bases de dados MEDLINE (PubMed) e Scopus em 17 de outubro do ano de 2020 e considerou publicações entre os anos de 2010 e 2020. Os termos de busca e combinações utilizadas foram: *Dentinal crack* OR *Dentinal microcrack* OR *Crack formation* OR *Dentin defect* AND *Endodontic treatment* OR *Root canal preparation* OR *Canal preparation* OR *Root canal treatment* OR *Endodontic procedures*.

A busca foi realizada na área de interesse e considerou, inicialmente, o título, as palavras-chave e o resumo dos estudos. Adicionalmente, a combinação dos termos (*dentinal microtrack* e *endodontic treatment*) foi utilizada para identificar os estudos publicados nos periódicos *Journal of Endodontics* e *International Endodontic Journal*, ambos com maior fator de impacto de acordo com o Web of Science Journal Citation Reports na Endodontia e maior número de estudos recuperados nas duas bases de dados buscadas. A lista de referências dos estudos incluídos também foi verificada para a inclusão de quaisquer estudos adicionais que possam não ter sido incluídos na pesquisa anterior.

Os critérios de inclusão envolveram estudos que relatam microtrincas dentinárias após procedimentos de tratamento endodôntico, avaliação qualitativa e/ou quantitativa de microtrincas e estudos publicados em inglês; estudos *in vivo*, *ex-vivo*, *in vitro* e *in situ*; e estudos com dentes humanos. Os critérios de exclusão consistiram em revisões da literatura e relatos de casos; cartas ao editor e comentários; e qualquer estudo que não atendessem às especificações dos critérios de inclusão.

Numa primeira etapa, todas as duplicatas dos dois bancos de dados foram excluídas; em seguida, todos os estudos foram triados de acordo com o tema e a área por meio da leitura do título e resumo. Todos os estudos que atenderam aos critérios de inclusão foram selecionados para elegibilidade e leitura do texto completo, finalizando a seleção de estudos para a análise bibliométrica.

5.1.2 Coleta de dados

Os seguintes dados foram coletados dos estudos incluídos: primeiro autor, periódico, ano de publicação de acordo com a base de dados ou as informações fornecidas no artigo, país do autor para correspondência, universidade / escola / instituto do autor para correspondência, número de instituições no artigo, fator de impacto do periódico, número de citações na base de dados Scopus, média de citações por ano, financiamento, design, objetivo principal, sistema endodôntico (manual / manual, alternativo e/ou rotatório), técnica usada para avaliar a existência de *microtrincas*, período entre o tratamento e avaliação das *microtrincas*, dentes utilizados, existência de grupo controle, avaliação inicial, análise estatística e possíveis conflitos de interesse.

5.1.3 Análise de dados

A análise descritiva das variáveis observadas foi realizada por meio do software Microsoft Excel. Os gráficos foram elaborados no software PRISM 8.

5.2 Modelo experimental *in vitro*

O desenvolvimento do modelo de estudo *in vitro* para investigação da deformação da superfície radicular (DSR) e a correlação com a iniciação / propagação dessas *microtrincas* a partir da utilização de diferentes sistemas mecanizados seguiu o protocolo descrito nas seções seguintes.

5.2.1 Aspectos éticos da pesquisa

O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas), sob parecer nº 2.650.528/2018. A pesquisa foi conduzida de acordo com as normas e diretrizes da resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde.

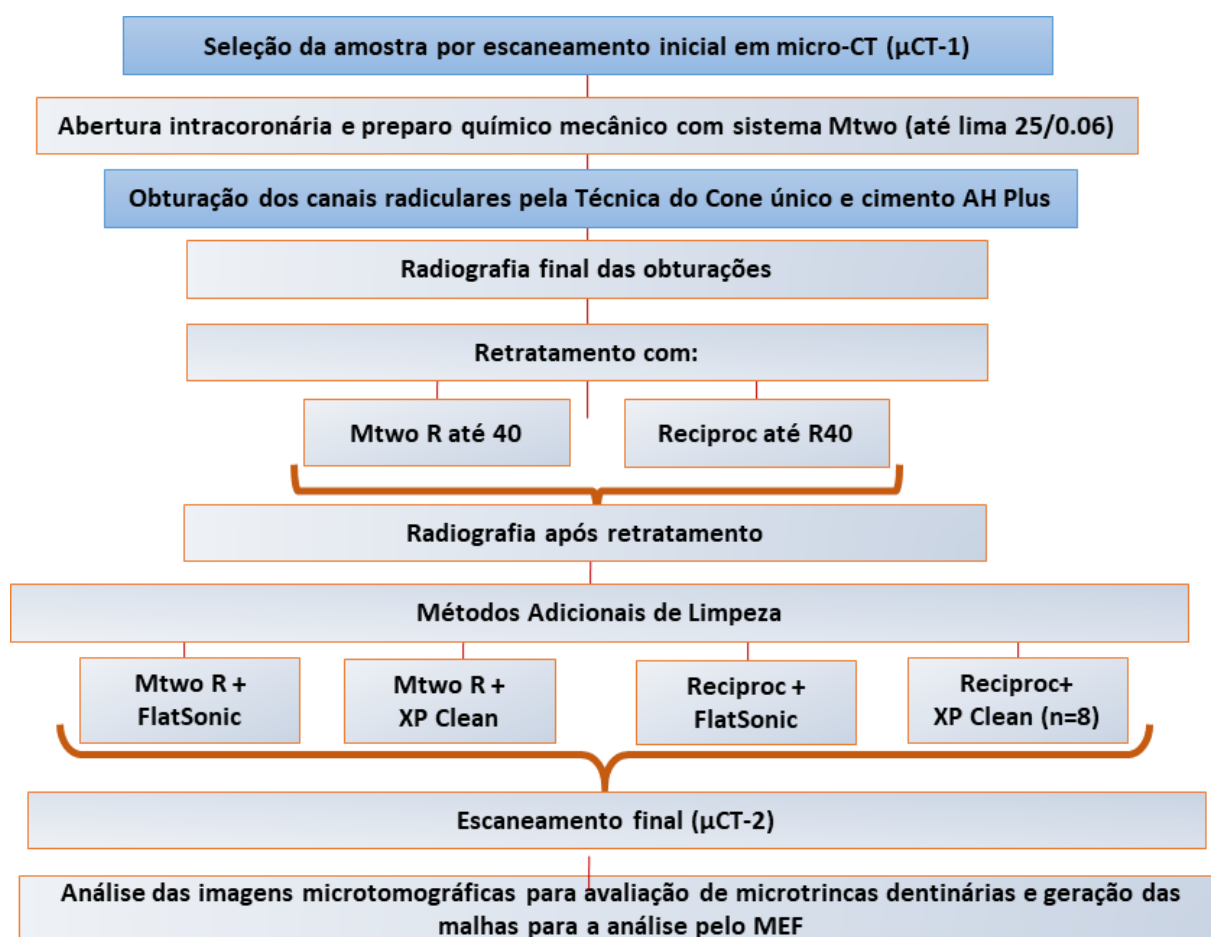
5.2.2 Desenho do estudo

O delineamento do estudo pode ser observado no fluxograma abaixo (Fig. 1).

5.2.3 Pré-seleção dos espécimes

Foram coletados 25 dentes incisivos inferiores humanos extraídos doados pelo banco de dentes da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Foi realizado exame radiográfico periapical prévio em duas angulações diferentes para excluir incisivos com tratamentos endodônticos prévios, canais calcificados, curvaturas abruptas, reabsorções radiculares internas, rizogênese incompleta, fraturas dentárias e ósseas na região anterior mandibular. Nove incisivos foram selecionados inicialmente para o estudo. Os dentes foram mantidos hidratados em frascos contendo solução de timol 0,1%.

Figura 1 - Desenho esquemático do fluxograma do modelo experimental do estudo



Fonte: Elaborado pela autora

5.2.4 Escaneamento inicial por micro-CT e seleção de incisivos com canais achatados

Os escaneamentos microtomográficos em todas as fases do estudo foram padronizados e realizados pelo dispositivo de micro-CT Xradia 510 (XRM510 Versa, Carl Zeiss Meditec, AG, Jena, Alemanha) (Fig. 2).

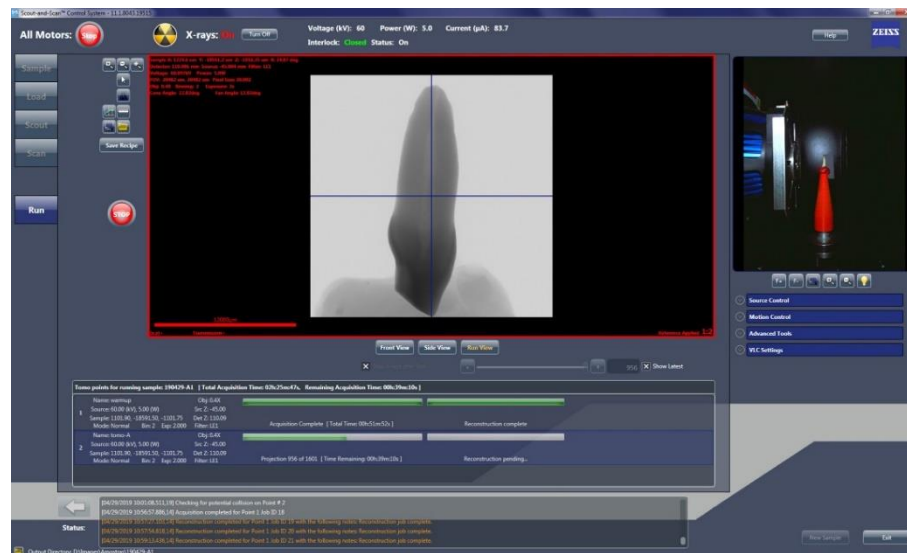
Figura 2 - Microtomógrafo (Xradia 510 Versa, Carl Zeiss Meditec, AG, Jena, Alemanha) do Instituto de Computação, Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, Brasil



Fonte: Elaborado pela autora

Os dentes foram presos a um suporte do micro-CT (Fig. 3) para garantir seu posicionamento padronizado, além de mantê-lo firme e estável, impedindo seu movimento durante a digitalização. Inicialmente, diferentes combinações de níveis de ampliação e distâncias entre a fonte de raios X (XRS) e a amostra (SPE), bem como entre a amostra e o detector (DET), foram testadas para definir os parâmetros de escaneamento. Com base nos escaneamentos anteriores, as distâncias utilizadas e sugeridas nesse estudo foram de 45,0 mm (XRS - SPE) e 110,0 mm (SPE-DET), com ampliação de até $4 \times$ (Fig. 3). Os parâmetros selecionados para o escaneamento foram 60 Kv, 5W, 83 μ A e tempo de exposição de 2 s. A amostra foi girada em incrementos de $0,225^\circ$ acima de 360° para obter 1024 projeções 2D (Fig. 3).

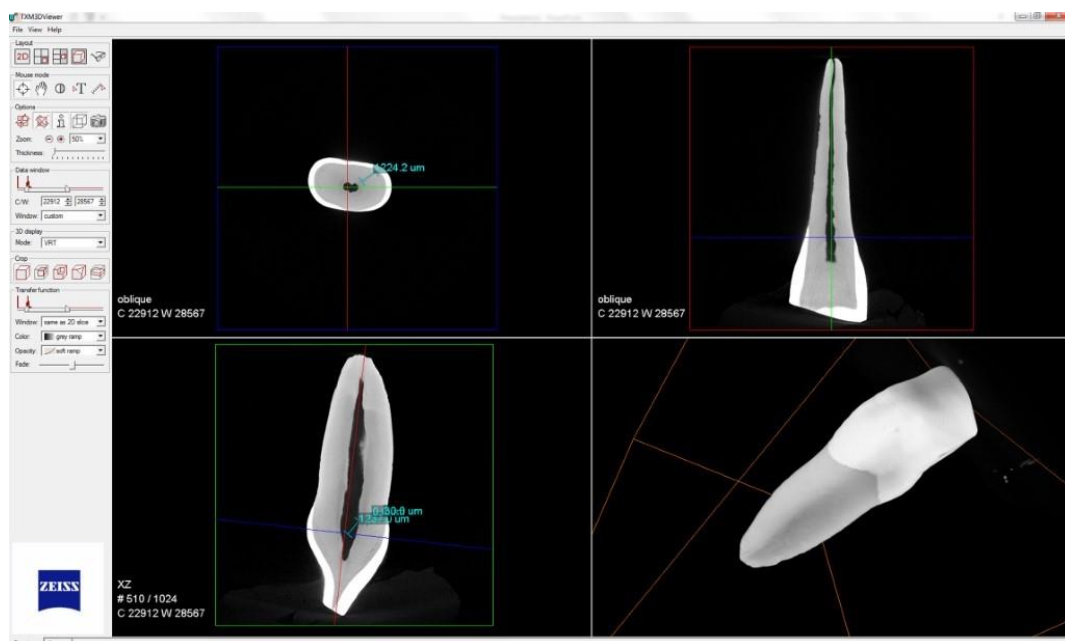
Figura 3 - Imagem do microscópio de raios X 3D (ZEISS Xradia Versa) de incisivo fixado ao porta-amostra no interior da câmara do microtomógrafo



Fonte: Elaborado pela autora

Utilizando o software TXM3DViewer (Carl Zeiss Meditec, AG, Jena, Germany), os diâmetros dos canais nas direções mesio-distal e vestibulo-lingual foram medidos a uma distância de 2 mm e 5 mm do forame apical. Os canais que apresentaram a proporção (maior diâmetro/menor diâmetro) entre 1,5 e 2,0 e circularidade entre 0,45 e 0,6 e, portanto, considerados achatados, foram incluídos no estudo (PEREIRA *et al.*, 2017) (Fig. 4).

Figura 4 - Espécime visualizado pelo Software TXM3DViewer

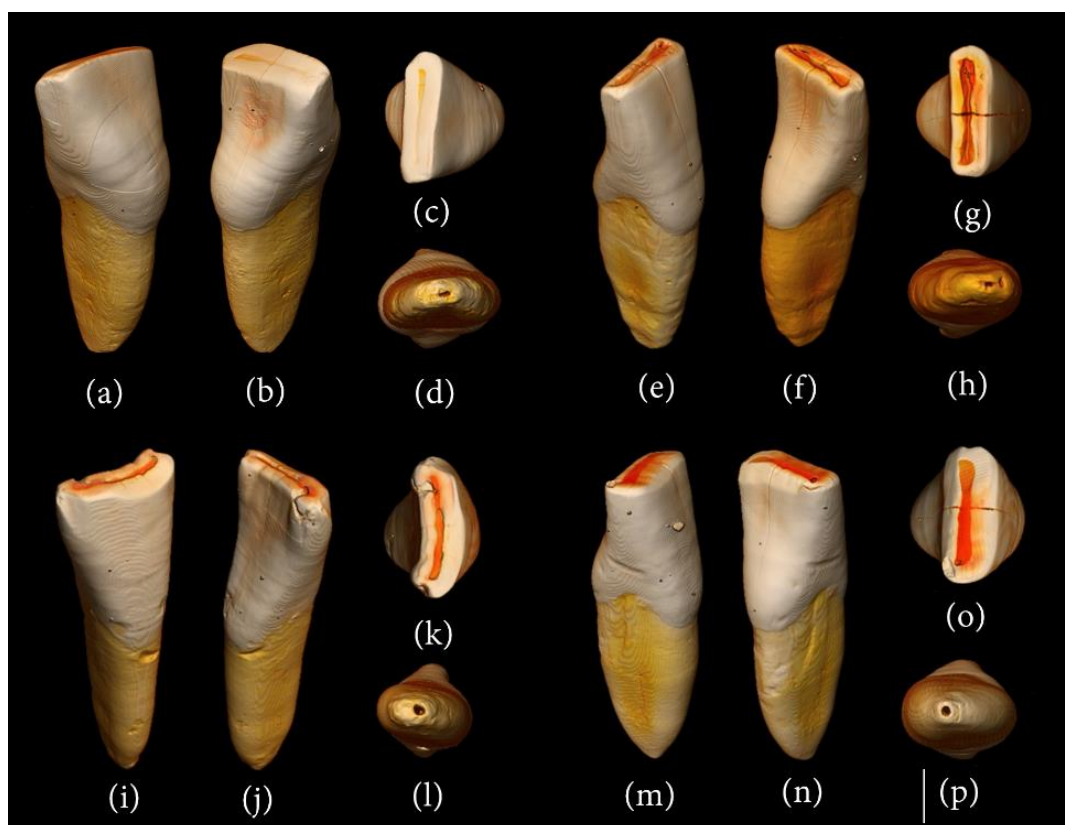


Fonte: Elaborado pela autora

O software TXM Reconstructor (CarlZeiss Meditec AG) foi utilizado para a reconstrução dos dentes, resultando na representação completa da microestrutura interna de cada amostra. As reconstruções foram salvas em formato TIFF. Todas as imagens dos cortes transversais dos quatro incisivos foram rastreadas desde a junção cimento-esmalte até o ápice por dois examinadores previamente treinados, com o objetivo de identificar a presença de defeitos dentinários. A presença de microtrincas foi verificada em todas as imagens de cada incisivo. Os dentes com microtrincas prévias detectadas nas imagens de micro-TC foram excluídos. Quatro incisivos inferiores com canais achatados, sem microtrincas dentinárias, foram então selecionados para este projeto de estudo experimental. Os dentes foram mantidos em solução de timol 0,1% antes dos procedimentos.

Dessa forma, quatro incisivos inferiores com canais achatados foram selecionados para os experimentos. Após a digitalização, a reconstrução das imagens tridimensionais foi realizada a partir das imagens das projeções angulares com o auxílio do software Avizo Fire v8.1 (VSG, Burlington, VT, EUA), resultando na representação completa da microestrutura interna de cada amostra. As reconstruções foram salvas no formato BMP (Fig. 5).

Figura 5 - Reconstruções 3D dos incisivos com canal achatado incluídos no estudo

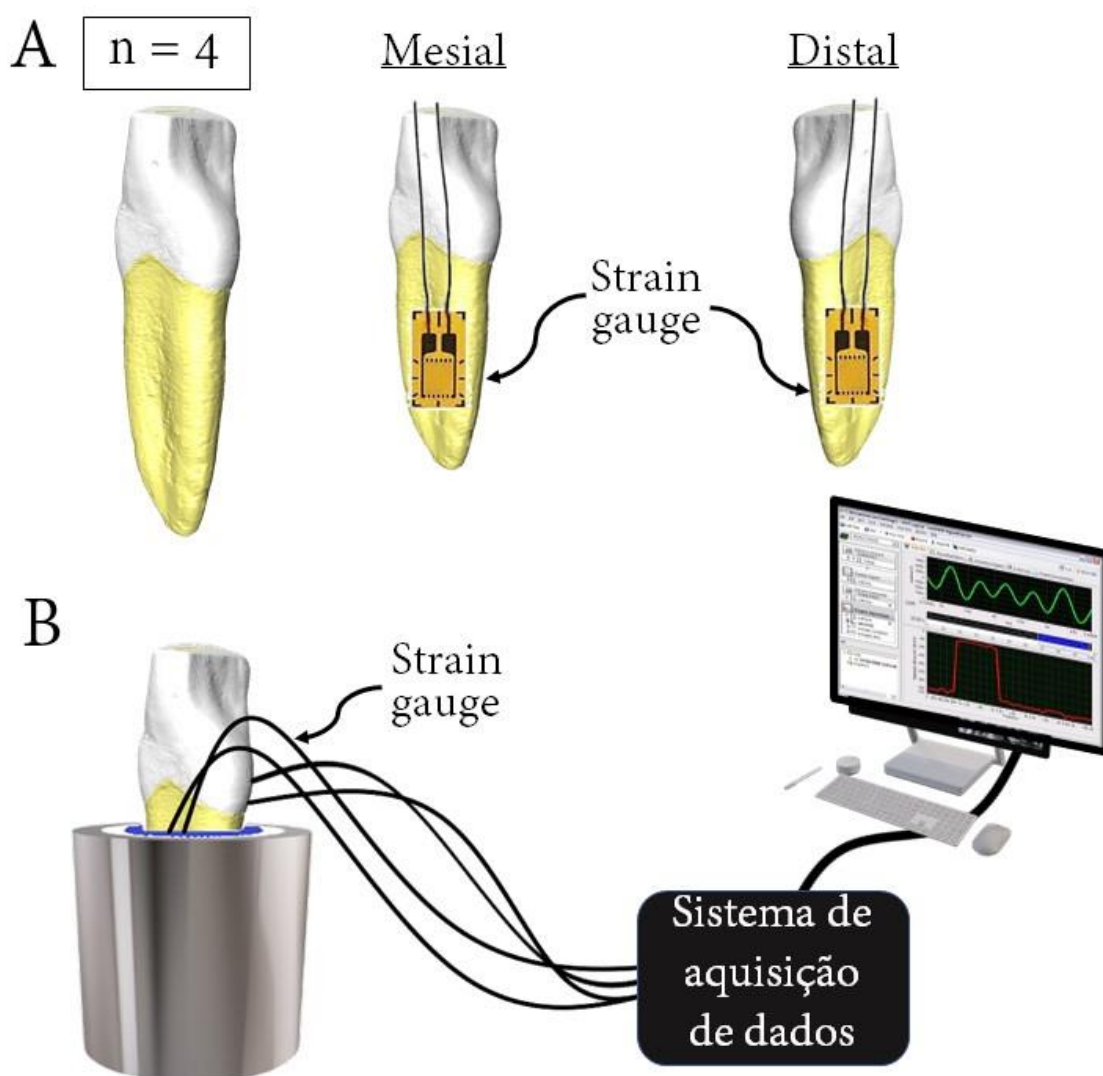


Fonte: Elaborado pela autora

5.2.5 Colagem dos strain gauges e reprodução artificial do ligamento periodontal

Após a limpeza e a secagem, os dentes foram estabilizados pela coroa em um torno odontológico. Em seguida, foi realizada a colagem dos extensômetros Strain Gage 0,3 mm, $120,2 \pm 0,2$ ohms (Kyowa Radio Laboratory Co., Ltd., Tóquio, Japão), utilizando-se de cianocrilato (Super Bonder, Loccite, Henkel Ltda., São Paulo, Brasil). Em cada incisivo foram colados dois extensômetros (chassi da National Instruments cDAQ-9174 com 4 slots) na superfície radicular nas faces interproximais (mesial e distal), o mais próximo possível do terço apical (JAMLEH, *et al.*, 2015) (Fig. 6).

Figura 6 - A) Colagem dos strain gauges; B) Confeção do espaço do ligamento periodontal com cêra e material de moldagem poliéter para simulação do ligamento periodontal



Fonte: Elaborado pela autora

Para reproduzir a mobilidade do dente no alvéolo, simulando a presença do ligamento periodontal e do osso alveolar, as raízes foram incluídas em resina de poliestireno autopolimerizável (Cristal, Piracicaba, Brasil), imediatamente abaixo da junção cimento esmalte e o ligamento periodontal foi simulado com material de moldagem poliéter Impregum Soft™ (3M ESPE, St. Paul, MN, EUA), segundo método descrito por Soares *et al.* (2008). Para a reprodução da espessura do ligamento periodontal, as raízes foram rapidamente mergulhadas em cera utilidade liquefeita até 2,0 mm abaixo da junção cimento esmalte, para que ficassem recobertas com 0,2 a 0,3 mm de espessura de cera.

Os dentes foram fixados com cera à haste de um delineador protético para favorecer o alinhamento do dente durante a inclusão. Uma película de filme radiográfico com um furo central compatível com o diâmetro do dente foi fixada com cera até a marca de 2,0 mm da junção cimento esmalte, de maneira que o longo eixo da raiz ficasse perpendicular ao filme radiográfico. Em seguida, o conjunto foi posicionado sob uma placa de suporte, com a raiz voltada para cima, e um cilindro de PVC com 25,0 mm de diâmetro e 22,0 mm de altura foi posicionado e fixado com cera na película radiográfica com a raiz centralizada no interior do cilindro. A resina de poliestireno autopolimerizável foi manipulada e inserida no interior do cilindro e após a polimerização da resina o conjunto foi removido da placa de suporte (Fig. 6).

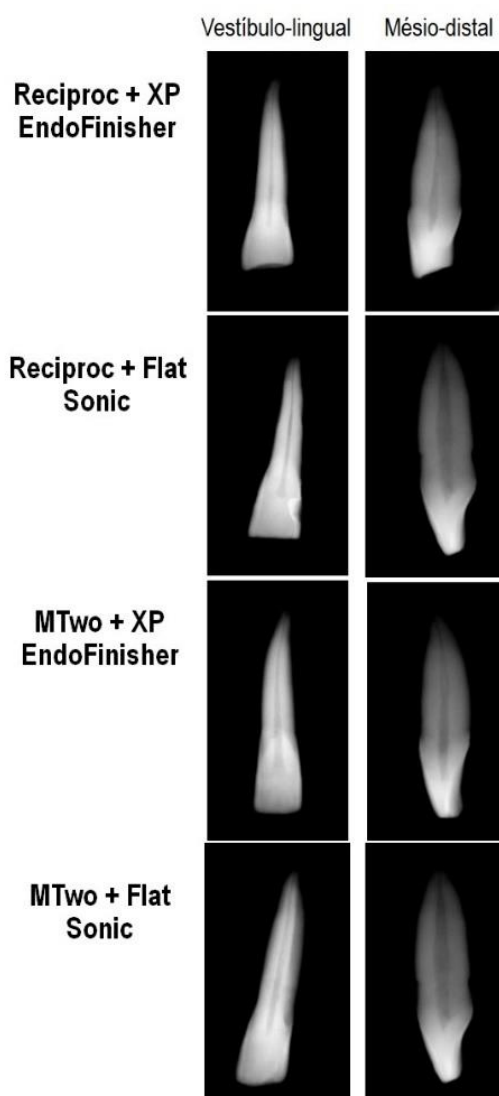
Os dentes foram removidos dos cilindros e ambos foram limpos cuidadosamente com lecron até a completa remoção da camada de cera, sem comprometer os gages colados anteriormente. O material de moldagem foi inserido no espaço criado no cilindro de resina com auxílio de uma seringa de elastômero e o dente introduzido sob pressão digital no alvéolo artificial de resina acrílica.

Após a inclusão dos dentes, os gauges foram acoplados ao sistema de aquisição de dados, um chassi da National Instruments cDAQ-9174 com 4 slots. Os sinais de deformação foram, então, processados usando o software Signal Express 2013 (National Instruments) (Fig. 6). Antes da realização dos procedimentos endodônticos, todos os medidores foram testados e os sinais de deformação calibrados usando um peso conhecido pré-determinado, que foi verificado com balança de precisão. Os procedimentos endodônticos foram realizados 7 dias após a reprodução artificial do ligamento periodontal.

5.2.6 Acesso coronário, preparo e obturação dos canais radiculares

Um endodontista experiente e bem treinado realizou todos os procedimentos endodônticos. Após radiografia inicial (Fig. 7), os 4 incisivos inferiores com canais achatados tiveram suas cavidades de acesso preparadas com broca esférica diamantada 1012 (Microdont Ltda, Socorro, SP, Brasil) e refinadas com brocas Endo-Z (Dentsply Sirona, Suíça). A exploração inicial dos canais foi realizada com limas manuais tipo K #08, #10 e #15 (Dentsply Sirona). O CT foi estabelecido a 1 mm do forame apical usando lima tipo K #10 e confirmado com radiografia digital. Em seguida, o *glide-path* foi estabelecido por meio de uma lima tipo K #15 até o CT.

Figura 7 - Imagens radiográficas dos 4 incisivos selecionados em incidência vestibulo-lingual e méso-distal



Fonte: Elaborado pela autora

O preparo de todos os canais ($n = 4$) foi realizado com sistema Mtwo (VDW, Munique, Alemanha) (Fig. 8) na sequência 10/.04, 15/.05, 20/.06 e 25/.06, até o CT. Os instrumentos foram acionados em rotação contínua acoplados ao motor VDW Silver (VDW, Munique, Alemanha). Os canais foram irrigados constantemente com NaOCl a 2,5% (Lenza Farma, Belo Horizonte, Brasil) e recapitulados com uma lima #15 até o CT ao longo dos procedimentos de instrumentação. Durante o preparo, foi utilizado um total de 5 mL de NaOCl (2,5%). A irrigação foi realizada usando agulhas NaviTip 30-G (Ultradent, South Jordan, EUA) inseridas no canal até 3 mm aquém do CT. A irrigação final se dará com 2 mL de EDTA 17% e 5 mL de água bidestilada, seguida de secagem com pontas de papel absorvente.

Os canais radiculares foram obturados com cone de guta-percha 25/.06 (VDW) e cimento AH Plus (Dentsply Sirona) empregando-se a técnica do cone único. Os espécimes foram armazenados por 7 dias a 37°C e 100% de umidade.

5.2.7 Remoção do material obturador

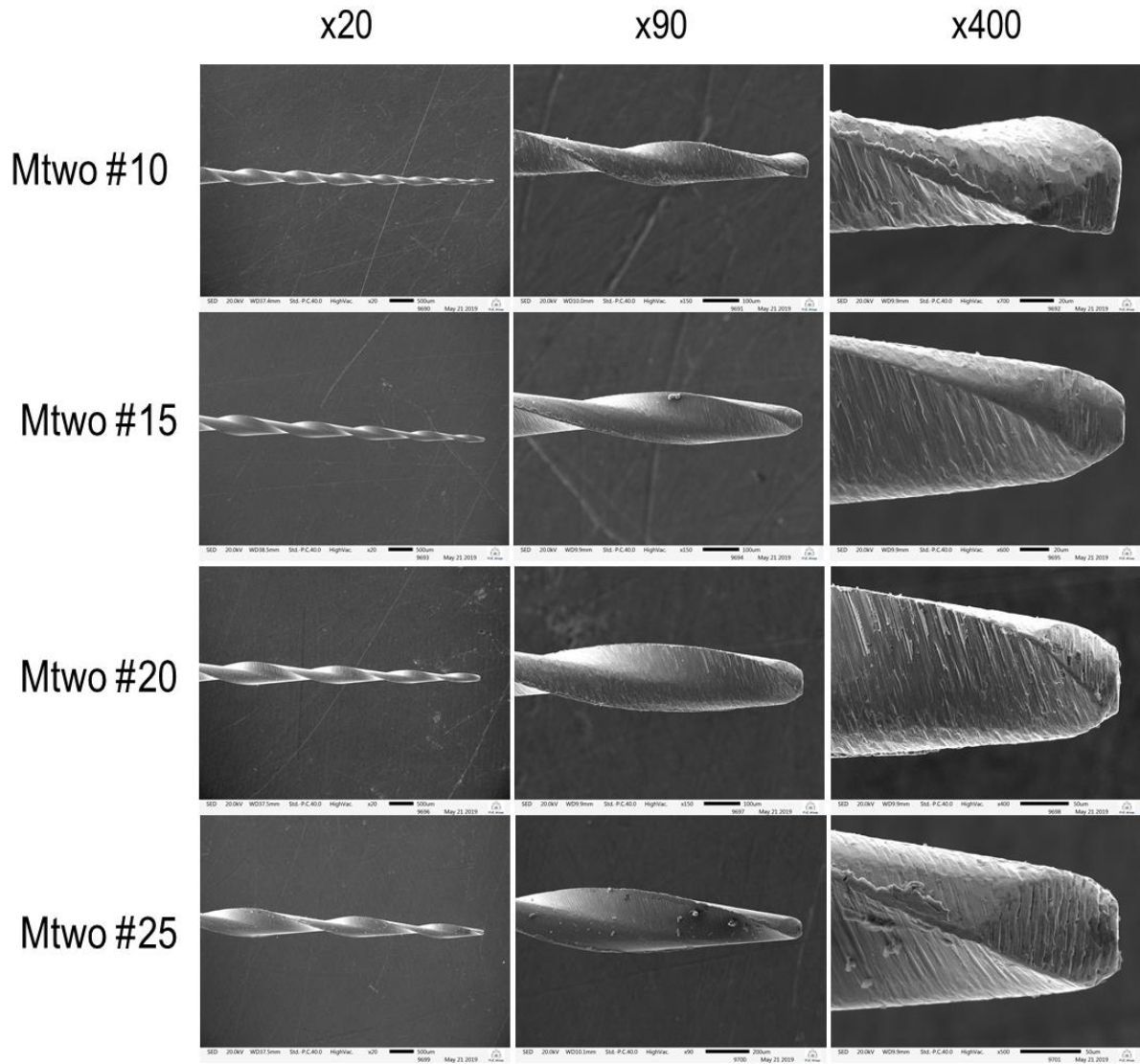
Para a remoção do material obturador, os espécimes foram divididos aleatoriamente em dois grupos, de acordo com o sistema utilizado:

Grupo Mtwo R e Mtwo ($n = 2$) (Figs. 8 e 9): o material obturador foi removido usando os instrumentos Mtwo R 15/.05 e 25/.05 até dois terços do CT. A permeabilidade apical foi verificada com uma lima K # 15 e o canal foi irrigado durante 60 segundos. O canal foi, então, preparado usando a seguinte sequência de instrumentos em um movimento de pincelamento no canal: 20/.06, 25/.06, 30/.05, 35/.04 e 40/.04. Os canais radiculares foram irrigados entre o uso de cada instrumento durante 20 segundos.

Grupo Reciproc R25 e R40 ($n = 2$) (Fig. 9): remoção do material obturador com instrumento R25 (VDW, Munique, Alemanha) acionado em motor elétrico (VDW Silver) com movimento recíprocante em direção apical com 3 mm de amplitude. O avanço foi realizado com pressão apical leve até o instrumento chegar aos dois terços do CT. A cada 3 movimentos de entrada e saída do canal, o instrumento foi removido e limpo, e o canal foi irrigado por 60 segundos. A lima R25 foi acionada até atingir o CT e o canal foi irrigado novamente por 60 segundos. A desobturação até o CT foi confirmada com lima K #15 e, após nova irrigação, o instrumento R40 foi utilizado com movimentos de pincelamento laterais contra as paredes dentinárias. Por fim, o canal foi irrigado durante 60 segundos.

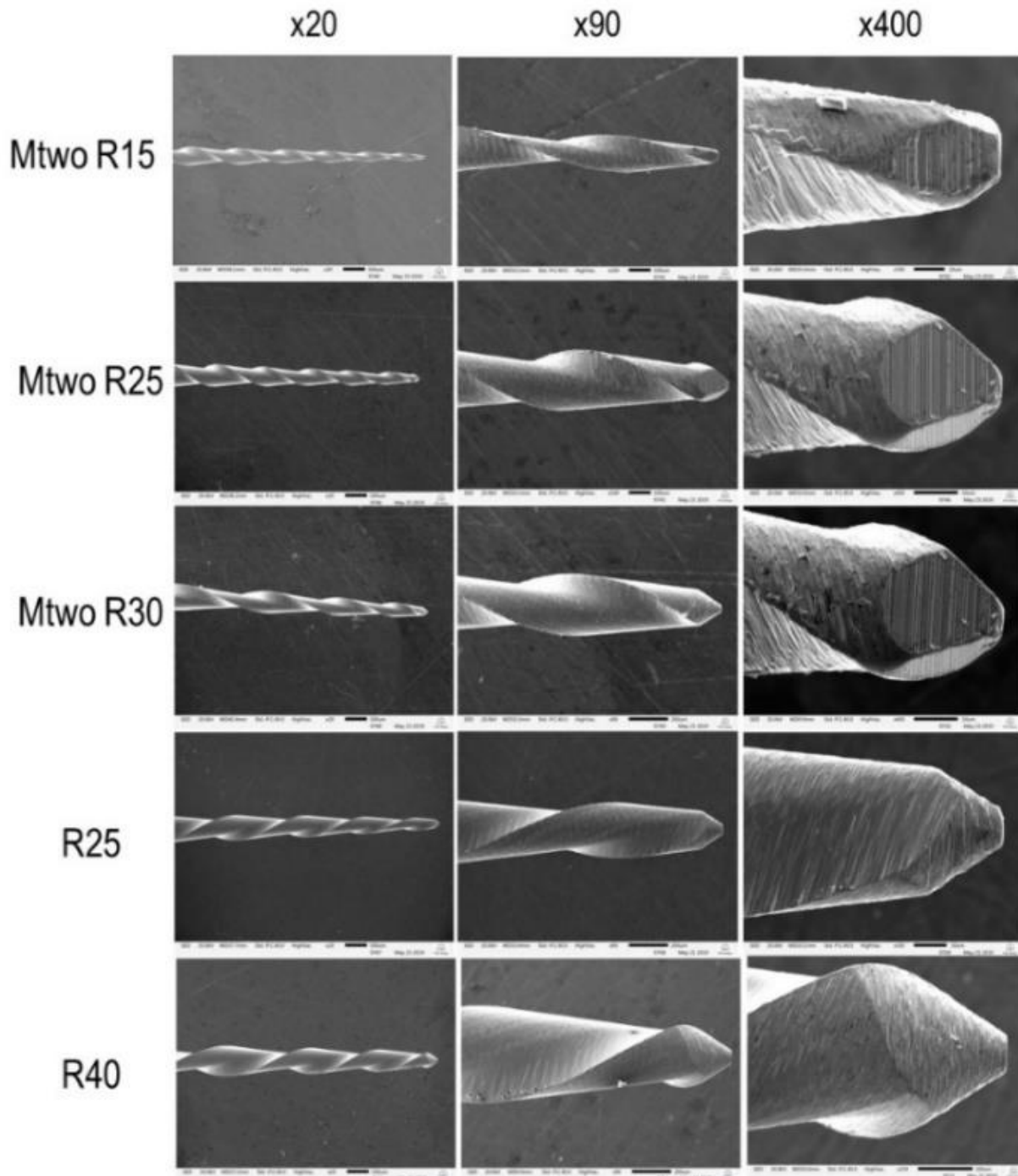
Cada canal foi irrigado com um total de 10 ml de NaOCl (2,5%) durante os procedimentos para padronização da amostra.

Figura 8 - Fotomicrografia dos dispositivos Mtwo 10, 15, 20, 25, usados no preparo químico mecânico inicial dos canais radiculares



Fonte: Elaborado pela autora

Figura 9 - Fotomicrografia das limas Mtwo R 15, 25 E 30 e Reciproc 25 e 40 (MEV)

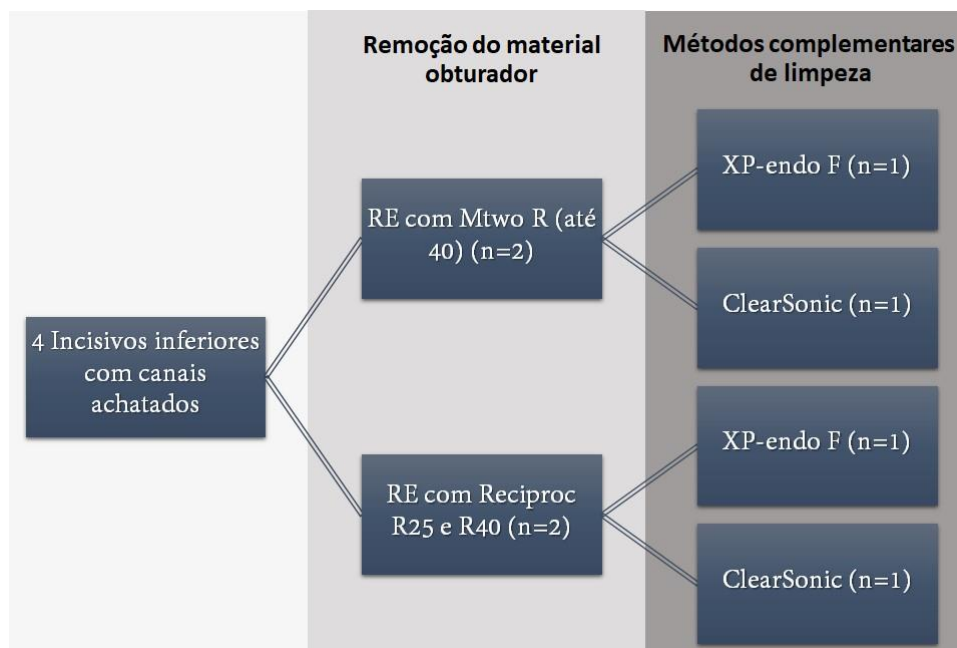


Fonte: Elaborado pela autora

5.2.8 Métodos complementares de limpeza

Cada grupo foi dividido em 2 subgrupos experimentais ($n = 1$), de acordo com o método complementar de limpeza a ser utilizado na remoção final do material obturador (XP-endo Finisher e Flatsonic), como pode ser visto no esquema da figura 10.

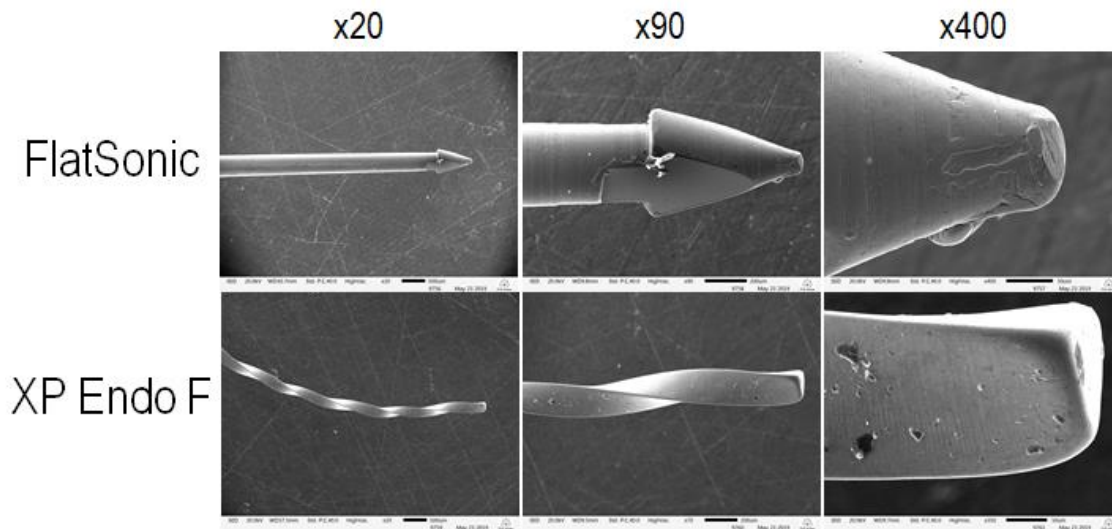
Figura 10 - Desenho esquemático da divisão e subdivisão dos grupos experimentais de acordo com os protocolos de remoção de material obturador



Fonte: Elaborado pela autora

- a) XP-Endo Finisher (n = 1) (Fig. 11): após irrigação com 2 mL de NaOCl 2,5%, o instrumento XP-Endo Finisher (FKG Dentaire, Suíça) foi ativado dentro do canal por 1 minuto a 1000 rpm e 1 Ncm no CT em movimentos de escovação de 7 a 8 mm de amplitude. Ao final, o canal radicular foi irrigado com mais 2 mL de NaOCl 2,5% por 30 segundos;
- b) FlatSonic (n = 1) (Fig. 11): sob irrigação com 2 mL de NaOCl 2,5%, o instrumento FlatSonic (Helse, Santa Rosa de Viterbo Brasil), acoplado ao aparelho de ultrassom (Gnatus, Ribeirão Preto, SP, Brasil), ajustado em 10% de potência, foi usado por um minuto dentro do canal radicular com movimentos de entrada e saída do canal, tocando as paredes do canal para remover a guta-percha e o cimento residuais. Ao final, o canal foi irrigado com irrigação com 2 mL de NaOCl 2,5%.

Figura 11 - Fotomicrografia dos instrumentos XP Finisher e Flatsonic



Fonte: Elaborado pela autora

5.2.9 Escaneamento final por micro-CT e análise de dados

Os respectivos RSS (microstrains) causados durante os procedimentos endodônticos por meio de diferentes sistemas mecanizados na amostra foram obtidos e registrados. Os dentes foram, então, cuidadosamente removidos do conjunto resina-poliéter para serem escaneados novamente, com os extensômetros ainda em posição. Novo escaneamento por micro-CT foi realizado. Todas as imagens dos cortes transversais foram rastreadas conforme descrito anteriormente (DE-DEUS *et al.*, 2017) por dois examinadores previamente treinados e cegos quanto aos grupos experimentais, com o objetivo de identificar a presença de microtrincas dentinárias.

6 ARTIGO CIENTÍFICO 1

O artigo científico 1 intitulado: “**Dentinal microcracks induced by endodontic procedures: a scientometric and bibliometric analysis**” foi submetido ao periódico *Brazilian Dental Journal* (Qualis A2), tendo sido formatado de acordo com as suas normas.

Endereço eletrônico para acesso às normas do periódico:
<https://www.scielo.br/revistas/bdj/iinstruc.htm>

Original Article

Dentinal microcracks induced by endodontic procedures: a scientometric and bibliometric analysis

Stéphanie Quadros Tonelli¹, Kênia Maria Soares de Toubes¹, Marcelo Avelar Antunes², Antônio Carlos de Oliveira Miranda³, André Maués Brabo Pereira⁴, Frank Ferreira Silveira¹

¹Department of Dentistry, Pontifical Catholic University of Minas Gerais, 500 Dom José Gaspar Street, Belo Horizonte, MG 30535-901, Brazil

²Faculty of Medicine, University of Buenos Aires, 2155 Paraguay, 10109 CABA, Argentina

³Department of Civil and Environmental Engineering, University of Brasília, SG-12 Building, Darcy Ribeiro Campus, DF 70.910-900, Brazil

⁴Department of Computer Science, Institute of Computing, Fluminense Federal University, 156 Passo da Patria Street, Niterói, RJ 24220-900, Brazil

From the *Department of Dentistry, Pontifical Catholic University of Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil.

Acknowledgments

The authors deny any conflicts of interest.

Corresponding author:

Frank Ferreira Silveira

Department of Dentistry, Pontifical Catholic University of Minas Gerais, Belo Horizonte, Brazil.

Av. Dom José Gaspar, 500 - Prédio 46 - Coração Eucarístico

CEP: 30535-901 - Belo Horizonte/MG - Brasil

Tel: +55 (31) 3319-4414 / Fax: +55 (31) 3319-4415

E-mail: frankfoui@uol.com

Summary

This study aimed to analyze, quantify, and characterize scientific production and trends of published articles evaluating dentinal microcrack formation after endodontic treatment procedures between 2010 and 2020, using bibliometric indicators. Articles published on the topic were found by searching Medline (PubMed) and Scopus databases using combinations of keywords: Dentinal crack OR Dentinal microcrack OR Crack formation OR Dentin defect AND Endodontic treatment OR Root canal preparation OR Canal preparation OR Root canal treatment OR Endodontic procedures. Searches were also made in *Journal of Endodontics* and *International Endodontic Journal*. Data were collected from all studies meeting the inclusion criteria. Of the 556 studies searched, 45 were included and analyzed in this bibliometry. No trend was observed regarding a greater number of articles published over time. Most studies used an in vitro design, compared the effect of different endodontic techniques/systems used for root canal instrumentation on dentinal microcrack formation, and were conducted in Turkey, Brazil, or India. The main journals for publishing articles, and having the highest number of published articles were *Journal of Endodontics* and *International Endodontic Journal*. Funded studies did not carry a higher number of citations. A relevant proportion of studies did not include control groups, baseline evaluation, or statistical analysis. Micro-CT was the main technique used to evaluate microcracks. The issue of microcrack formation after using different endodontic techniques/systems has been constantly evaluated in the literature. The pattern of methodologies used may explain why these studies are concentrated in specific journals and countries.

Key Words: Bibliometric analysis, endodontic, microcrack, dentinal defects, scientometric analysis

INTRODUCTION

Endodontic procedures directly affect root canal structure. The different techniques can generate some root defects, although endodontic treatment systems have been constantly enhanced over time (1-3). The different endodontic systems used optimize root canal instrumentation and shaping, filling procedures and clinical time (4,5). However, these systems may lead to tooth structure removal and higher mechanical load on the root canal, thereby affecting tooth integrity (5-7).

Dentinal microcrack have been associated as a common sequel of root canal treatment procedures (8-11) which presence can reduce root resistance (1,12). In fact, the literature has suggested that some dentinal defects can act as the first step to vertical tooth fracture and, consequently, resulting in tooth extraction (12). Recently, a systematic review suggested that when a proper technique is applied to treat root canal, the risk for dentinal microcrack can be reduced (5).

Dentinal microcrack has been evaluated and compared with different treatment modalities since that different root canal instrumentation systems have been developed (13-15). Previous in vitro, in situ, and in vivo studies have evaluated the effect of different instrumentation systems, disinfection protocol, endodontic retreatment, and filling procedures on dentinal microcrack development (16-21). These different approaches to evaluate dentinal microcracks presence and the different reasons to generate these defects suggests no clear pattern or evidence in this topic. In this context, dentinal microcrack evaluation after endodontic treatment is an emerging and important topic to be considered by scientific evidence to guide clinical approach and reduce this undesirable situation. Therefore, the bibliometric evaluation of studies in this topic may contribute significantly to evaluate the pattern of scientific evidence generated, its impact, gaps to be considered by the literature and to guide future studies.

Bibliometric analyses are important tools to identify trends and patterns of scientific evidence produced on a specific topic, or in a specific area or journal (21,22). This kind of approach evaluates different aspects of articles produced in a specific field both quantitatively and qualitatively, and provides information gathered from a specific level (authors) to a broader level (countries/world) (21,23). Therefore, bibliometry can be considered a relevant metric of science, and an extremely important tool that can be used to provide an overview of both oppositional and relevant new topics, such as microcrack formation after endodontic treatment. Moreover, identification of such patterns is very useful in identifying the problems and gaps to be overcome by future studies, mainly in terms of methodology, scientific

progress, and ultimate improvement in therapeutic approaches, clinical longevity and success rates (24,25). However, no previous study has conducted a bibliometric analysis of the literature to improve the existing knowledge by evaluating the effect of endodontic treatment procedures on dentinal microcrack development.

This study aimed to analyze, quantify, and characterize scientific production and trends of published articles evaluating dentinal microcrack formation after endodontic treatment procedures between 2010 and 2020, using bibliometric indicators.

MATERIALS AND METHODS

Search strategy

A scientific search was conducted to answer the following question: “What is the scientific production, regarding dentinal microcrack formation after endodontic treatment procedures, made in the last 10 years?” This bibliometric analysis took into account the scientific production between 2010-2020, and was made in October 17, 2020, in the MEDLINE (PubMed) and Scopus databases. The combination of the following keywords was used to query the database: Dentinal crack OR Dentinal microcrack OR Crack formation OR Dentin defect AND Endodontic treatment OR Root canal preparation OR Canal preparation OR Root canal treatment OR Endodontic procedures. The search was conducted in the field of interest, and considered the title, keywords, and abstract of the studies. Moreover, the combination of some keywords (dentinal microcrack and endodontic treatment) was used to identified studies published in the *Journal of Endodontics* and *International Endodontic Journal*, the two endodontic journals with the highest impact factor according to the Web of Science Journal Citation Reports. The list of references of the included studies was also checked for any additional studies that may not have been included in the previous search. The inclusion criteria involved only studies reporting on dentinal microcracks after endodontic treatment procedures, qualitative and/or quantitative evaluation of microcracks, and studies published in English; in vivo, ex-vivo, in vitro and in situ studies; studies using human teeth. The exclusion criteria consisted of reviews and case reports; letters to the editor and comments; any study that did not meet the specifications of the inclusion criteria. The first step was to exclude all the duplicates of the two databases; then, all the studies were screened according to the topic and field by reading their title and abstract. All the studies in the field, which met the inclusion criteria, were selected for full-text eligibility. Thus, only studies were included in this bibliometric analysis.

Data collection

The following data were collected from the studies: first, the author, journal, year of publication according to the database or to the information provided in the paper, country of the corresponding author, university/school/institute of the corresponding author, number of institutions in the article, impact factor of the journal, number of citations in the Scopus database, average citations per year, funding, design, main purpose, endodontic system (hand/manual, reciprocating and/or rotary), technique used to evaluate existence of microcracks, period between treatment and microcrack evaluation, teeth used, existence of a control group, baseline evaluation, statistical analysis and possible conflicts of interest.

Data analysis

A descriptive analysis of the variables collected was performed using Microsoft Excel software. Graphs were made using PRISM 8 software.

RESULTS

A total of 556 publications related to the topic were identified in the databases and journals selected (Fig. 1). Among them, 45 studies were included and analyzed in this bibliometry after applying the search strategy and inclusion criteria. The study selection diagram is described in Figure 1. There is no clear trend in terms of an increase in the number of articles published per year from 2010-2020 (Fig. 2). In 2018-2020, an average of 5.3 studies were published per year evaluating dentinal microcrack formation after endodontic treatment. The year of 2017 had the highest number of articles published (14 articles). However, the analysis conducted suggests a slight increase in the number of funded studies over time, and a clear decrease in nonfunded/uninformed studies between 2017 and 2020 (Fig. 2).

All the articles were published between 2012 and 2020, and 88% used an in vitro experimental design (Table 1). Interestingly, most of the studies evaluated the effect of different techniques or systems (comparisons) on dentinal microcrack formation (Table 1). In fact, considering the techniques applied in each study, most of the studies compared the differences among rotary, reciprocating and self-adjusting file systems. These studies were developed in countries from the Americas, Europe and Asia. The results highlight that the topic of development and application of new instrumentation systems has been evaluated constantly regarding the effect on dentinal microcrack formation.

Table 1. Description of the studies included, according to year, country of the corresponding author, experimental design, main purpose of the study and root instrumentation technique.

Study	Year	Country of corresponding author	Design	Main purpose	Technique
Yoldas (8)	2012	Turkey	In vitro	Technique/system comparison (instrumentation)	H, RO, SAF
Liu (26)	2013	Netherlands	In vitro	Technique/system comparison (instrumentation)	RO, SA, REC
De-Deus (27)	2014	Brazil	In vitro	Technique/system comparison (instrumentation)	REC
Arias (28)	2014	USA	In situ	Technique/system comparison (instrumentation)	H, RO
Ashwinkumar (29)	2014	India	In vitro	Technique/system comparison (instrumentation)	H, RO, REC
Aydin (30)	2014	Turkey	In vitro	Technique/system comparison (instrumentation)	REC
Cicek (31)	2014	Turkey	In vitro	Technique/system comparison (instrumentation)	H, RO, REC
Kansa (32)	2014	India	In vitro	Technique/system comparison (instrumentation)	RO, REC
Priya (33)	2014	India	In vitro	Technique/system comparison (instrumentation)	H, RO, REC
Li (34)	2015	China	In vitro	Technique/system comparison (instrumentation)	RO, REC
Ceyhanli (35)	2015	Turkey	In vitro	Technique/system comparison (instrumentation)	RO, REC
Ustun (36)	2015	Turkey	In vitro	Test instruments	H, RO, REC

Pop (37)	2015	England	In vitro	Technique/system comparison (instrumentation)	RO, REC
Caballero (38)	2015	Peru	In vitro	Instrumentation material evaluation	RO, REC
Gergi (39)	2015	Lebanon	In vitro	Technique/system comparison (instrumentation)	RO, REC
Miguéns-Vila (40)	2017	Spain	In vitro	Technique/system comparison (curved root)	RO
Bahrami (41)	2017	USA	In situ	Technique/system comparison (instrumentation)	H
Bayram (42)	2017	Turkey	In vitro	Test new technique/system (instrumentation)	RO, SAF
De-Deus (43)	2017	Brazil	In situ	Technique/system comparison (instrumentation)	RO
Bayram (44)	2017	Turkey	In vitro	Technique/system comparison (instrumentation)	RO
Oliveira (14)	2017	Brazil	In vitro	Technique/system comparison (instrumentation)	H, RO, REC
De-Deus (16)	2017	Brazil	In vitro	Technique/system comparison (filing)	REC
Saha (45)	2017	India	In vitro	Technique/system comparison (instrumentation)	RO
Zuolo (46)	2017	Brazil	In vitro	Technique/system comparison (instrumentation)	RO, REC
Koçak (47)	2017	Turkey	In vitro	Retreatment effect	RO
Kfir (48)	2017	Israel	Ex vivo	Technique/system comparison (instrumentation)	RO
Bucchi (49)	2017	Spain	In vitro	Technique/system comparison (root-end)	H

Kesim (13)	2017	Turkey	In vitro	Technique/system comparison (instrumentation)	H, RO, REC
Pedulla (9)	2017	Italy	In vitro	Technique/system comparison (instrumentation)	RO, REC
Jain (50)	2018	India	In vitro	Technique/system comparison (retreatment)	H, REC
Braun (19)	2018	Germany	In vitro	Disinfection protocol	REC
Li (51)	2018	China	In vitro	Technique/system comparison (instrumentation)	RO, REC
Langaliya (52)	2018	India	In vitro	Technique/system comparison (instrumentation)	H, RO
John (53)	2018	India	In vitro	Technique/system comparison (instrumentation)	REC
PradeepKumar (20)	2019	Canada	In vivo	Technique/system comparison (instrumentation)	RO, H
Çapar (54)	2019	Turkey	In vitro	Test techniques used to evaluate microcracks	RO
Rodig (55)	2019	Germany	In vitro	Technique/system comparison (instrumentation)	RO, REC
Aksoy (15)	2019	Turkey	In vitro	Technique/system comparison (instrumentation)	RO, REC
Aydın (56)	2019	Turkey	In vitro	Technique/system comparison (instrumentation)	RO, REC
Sachdeva (57)	2019	India	In vitro	Root-end cavity preparation	RO
Katanec (58)	2020	Croatia	In vitro	Technique/system comparison (instrumentation)	RO
Almeida (59)	2020	Brazil	In vitro	Technique/system	REC

				comparison (retreatment)	
Jamleh (11)	2020	Saudi Arabia	In vitro	Effect of temporary filling placement	H
Alkahtany (60)	2020	Saudi Arabia	In vitro	Technique/system comparison (instrumentation)	RO
Vieira (21)	2020	Brazil	In vitro	Techniques used to evaluate microcracks and type of canal	REC

H – hand/manual instruments; RO – rotary; REC – reciprocating; SAF – Self-adjusting file.

Turkey, India and Brazil were the three countries with the highest number of articles published, respectively (Fig. 3A). Of these, Brazil was the country with the highest number of institutions per article: an average of 4.2 institutions per study (Fig. 3B). Although Turkey, India and Brazil were the three countries with the highest number of articles published in the area of dentinal microcrack, they published articles in only two journals, the *Journal of Endodontics* and the *International Endodontic Journal* (Fig. 3C).

The *Journal of Endodontics* had the highest number of studies published, followed by the *International Endodontic Journal*, *Clinical Oral Investigations*, *European Journal of Dentistry* and *Journal of Conservative Dentistry* (Fig. 4A). Moreover, the studies published in the *Journal of Endodontics* also showed the highest average of citations in the Scopus database (Fig. 4A). As expected, the articles published in the journals with the highest impact factor also showed the highest average of citations (Fig. 4B). Interestingly, studies conducted with funding did not show a higher average of citations compared to those without any funding (Fig. 4C).

Two journals had the highest number of articles published in this field, *Journal of Endodontics* and *International Endodontic Journal*. The main countries publishing in these journals were Turkey and Brazil (Table 2), in that Turkey was the country with the highest number of papers.

Table 2. Three countries with the highest number of papers in the two journals with the highest number of papers

Country	n
<i>Journal of Endodontics</i>	
1 st Turkey	4
2 nd Brazil	4
1 st USA	2
<i>International Endodontic Journal</i>	
1 st Turkey	1
2 nd India	1
1 st Brazil	1

In terms of study design and results, most of the studies found dentinal microcrack formation in the test group after endodontic procedures (Fig. 5A). Human molars and premolars were the teeth most widely used in the studies to evaluate this outcome (Fig. 5B). Although most of the studies evaluated and compared different endodontic techniques and systems, 42% of the studies did not include or report any control group (Fig. 5C). Since most of the studies were conducted with extracted human teeth, and the extraction procedure may lead to some dentinal cracks, it should be underscored that this procedure requires the appropriate selection of teeth. However, 24% of the studies conducted no baseline analysis to check the existence of previous microcracks before the endodontic procedures were initiated (Fig. 5D). Moreover, although group comparison is an important parameter to be evaluated, few studies conducted any statistical analysis (Fig. 5E).

Another important parameter is the technique used to evaluate dentinal microcrack formation. Most of the articles used micro-CT as the standard and best technique to identify dentinal microcracks (Fig. 6). However, other techniques have been applied, such as stereomicroscopes and scanning electron microscopy. It is important to highlight that techniques should be standardized to allow comparison between different studies.

DISCUSSION

This study evaluated for the first time the scientific trend of published articles between 2010 and 2020 evaluating microcrack formation after endodontic procedures. This bibliometric overview provided relevant information to identified important countries and

journals publishing in this topic. Although different endodontic techniques and systems has been developed over time, interestingly, there is no increased number of published articles studying dentinal defects (5,13,15), such as microcracks (5). Since these systems, mainly mechanized techniques, may lead to higher mechanical load on the root canal (6,7), it is extremely important that newly systems be evaluated in terms of dentinal microcracks formation.

In addition, an evident decrease was found to no funding studies in the recent year (2017-2020), and a slight increase for funded studies, which suggest that endodontic industry is may providing some support for researches to evaluates new systems. In fact, funding in Dentistry research represents an important part of financial support in the biomedical area, and previous study showed no gender difference in the award rate (61).

Turkey was the country with the highest number of published articles, followed by India and Brazil. This is an interesting finding that supports another finding, namely that high and middle-income countries are publishing in this field. However, most likely, the studies by middle-income countries are supported by funding agencies intent on promoting scientific production in the country. This is the case of Brazil, which has conducted a higher number of funded studies than Turkey. Moreover, the studies published in Brazil reveal a higher number of institutions per study, that is, 4.2 institutions. This pattern is quite common in dental research, and has also been observed in other topics of research, such as implantology (62), and even other areas, such as virology (63). What may be driving the high-quality profile of articles being published is the collaboration among different scientific research institutions. Actually, the present study confirmed that increased scientific production is connected to greater collaboration. This research networking system offers several advantages to scientific development, including new knowledge, new researchers and improved studies and curriculum (62).

As expected, most of the studies are *in vitro*. The only study designed as an *in vivo* assay performed in *vivo* endodontic treatment and microcrack evaluation after tooth extraction (20). This kind of approach mimics what occurs in endodontic clinical treatment, except that tooth extraction procedures may lead to dentinal microcracks (17), and baseline evaluation is an important parameter to differentiate the defects caused solely by endodontic procedures. Therefore, *in vitro* design is the first option for carrying out this evaluation. Although most studies have evaluated the effect of different techniques and systems used for root canal instrumentation on dentinal microcrack formation, they have not evaluated this effect across each step of endodontic treatment. Identification of each specific step and

instrument involved in microcrack formation could provide important information that would optimize the endodontic systems and possibly prevent this kind of defect. In this respect, another important parameter constituting an essential part of the scientific method is the use of control groups (64) to compare the real effect of the tested systems on dentinal microcrack formation. In summary, future studies should consider the baseline evaluation to estimate possible microcracks resulting from endodontic treatment, and the use of control groups to identify the real effect of the procedure. Moreover, the identification of dental microcrack formation after each step of the endodontic treatment should also identify the several different endodontic systems used, in order to guide clinical practices and enable prevention of this defect.

The *Journal of Endodontics* had the highest number of articles published in this field, ultimately leading to the highest average of total and yearly citations. Although the journal is American, Turkey was the country with the highest number of papers published in the *Journal of Endodontics*, highlighting the international nature of the journal, and its role as one of the leading journals in endodontic research and clinical practice. Moreover, this journal has also been the main choice for the publication of articles focusing on other topics, such as regenerative endodontics (65). Considering that the impact factor is a measure of the article's citations, the studies published in journals with a higher impact factor showed a higher average number of citations. The same citation average was found for studies that showed no effect involving the parameter of citations that could be derived from funding.

In terms of methodology, micro-CT was the main technique used to evaluate dentinal microcracks in the root canal. Overall, different microscopic techniques have been used to perform these evaluations, but some studies do not specify the microscopic technique used, thereby hindering production by others authors. Micro-CT analysis has been widely used in endodontics, and provides a quantitative and qualitative assessment for endodontic procedures, including information regarding the location and size of the microcrack after endodontic procedures (66). Previous studies have evaluated different methods of identifying dentinal microcracks after endodontic treatment, and have found no difference between micro-CT and stereomicroscopy (54). Although scanning electron microscopy identified a higher percentage of microcracks than micro-CT or stereomicroscopy, the sample preparation for this analysis can result in new microcrack formation, thus overestimating the incidence of microcracks (54). Furthermore, stereomicroscopy requires sectioning of the root, thereby not allowing adequate evaluation before endodontic treatment is initiated. For this reason, micro-

CT has been considered the best method to identify dentinal microcrack formation, and should be considered as such by future studies.

The basic limitation of this study is based on the fact that all the studies included come from two scientific databases and the two main journals in the field of endodontics. Therefore, the studies not included in these databases were not considered for analysis. Moreover, other limitations regard study terminology and concepts, considering that some studies may have been excluded from analysis because they use different terms to characterize dentinal microcracks or evaluate cracks, mainly in terms of fracture. Additionally, this study showed the scientific trend only between 2010-2020.

In conclusion, this bibliometric study revealed that although new endodontic techniques and systems have been developed, they have not led to a greater number of studies focusing on dentinal microcrack formation between 2010 and 2020. Most of the studies were conducted in Turkey, India and Brazil, and were published in the *Journal of Endodontics*. Publication in journals with a higher impact factor led to a higher number of citations, but the citation numbers were not affected by funding. In terms of experimental design, a relevant number of published articles did not consider the inclusion of control groups or baseline evaluation to identify the microcracks existing before initiating endodontic procedures, a factor that should be considered in future studies. Moreover, although micro-CT has been considered the best method to evaluate microcracks, some studies used other microscopic techniques. This overview provides important information on the pattern and trend of publications evaluating dentinal microcracks after endodontic procedures, and highlights the important parameters that should be considered by future studies to elucidate this topic and guide clinical practice safely.

REFERENCES

1. Soares CJ, Rodrigues MP, Faria-E-Silva AL, Santos-Filho PCF, Veríssimo C, Kim HC, Versluis A. How biomechanics can affect the endodontic treated teeth and their restorative procedures? *Braz Oral Res* 2018;32(suppl 1):169-183.
2. Estrela C, Holland R, Araújo-Estrela CR, Alencar AH, Sousa-Neto MD, Pécora JD. Characterization of successful root canal treatment. *Braz Dent J* 2014;25:3-11.
3. Patel S, Arias A, Whitworth J, Mannocci F. Outcome of endodontic treatment – the elephant in the room. *Int Endod J* 2020;53:291-297.
4. Çapar ID, & Arslan H. A review of instrumentation kinematics of engine-driven nickel-titanium instruments. *Int Endod J* 2016;49:119-135.
5. Valle AD, Dotto L, Morgental RD, Pereira-Cenci T, Pereira GKDR, Sarkis-Onofre R. Influence of root canal preparation on formation of dentinal microcracks: A systematic review. *Braz Dent J* 2020;31:201-220.
6. Soares CJ, Santana FR, Silva NR, Preira JC, Pereira CA. Influence of the Endodontic Treatment on Mechanical Properties of Root Dentin. *J Endod* 2007;33:603-606.
7. Rippe MP, Santini MF, Bier CAS, Baldissara P, Valandro LF. Effect of root canal preparation, type of endodontic post and mechanical cycling on root fracture strength. *J Appl Oral Sci* 2014;22:165-173.
8. Yoldas O, Yilmaz S, Atakan G, Kuden C, Kasan Z. Dentinal microcrack formation during root canal preparations by different NiTi rotary instruments and the self-adjusting file. *J Endod* 2012;38:232-235.
9. Pedullà E, Genovesi F, Rapisarda S, La Rosa GR, Grande NM, Plotino G, Adorno CG. Effects of 6 Single-File Systems on Dentinal Crack Formation. *J Endod* 2017;43:456-461.

10. Jamleh A, Komabayashi T, Ebihara A, Nassar M, Watanabe S, Yoshioka T, Miyara K, Suda H. Root surface strain during canal shaping and its influence on apical microcrack development: a preliminary investigation. *Int Endod J* 2015;48:1103-1111.
11. Jamleh A, Mansour A, Taqi D, Moussa H, Tamimi F. Microcomputed tomography assessment of microcracks following temporary filling placement. *Clin Oral Investig* 2020;24:1387-1393.
12. Wilcox LR. The relationship of root canal enlargement to finger-spreader induced vertical root fracture. *J Endod* 1997;23:533-534
13. Kesim B, Sagsen B, Aslan T. Evaluation of dentinal defects during root canal preparation using thermomechanically processed nickel-titanium files. *Eur J Dent J Dent.* 2017;11:157-161.
14. Oliveira BP, Câmara AC, Duarte DA, Heck RJ, Antonino ACD, Aguiar CM. Micro-computed Tomographic Analysis of Apical Microcracks before and after Root Canal Preparation by Hand, Rotary, and Reciprocating Instruments at Different Working Lengths. *J Endod* 2017;43:1143-1147.
15. Aksoy Ç, Keriş EY, Yaman SD, Ocak M, Geneci F, Çelik HH. Evaluation of XP-endo Shaper, Reciproc Blue, and ProTaper Universal NiTi Systems on Dentinal Microcrack Formation Using Micro-Computed Tomography. *J Endod* 2019;45:338-42.
16. De-Deus G, Carvalhal JCA, Belladonna FG, et al. Dentinal Microcrack Development after Canal Preparation: A Longitudinal in Situ Micro-computed Tomography Study Using a Cadaver Model. *J Endod* 2017;43:1553-8.
17. De-Deus G, Cavalcante DM, Belladonna FG, Carvalhal J, Souza EM, Lopes RT, Versiani MA, Silva EJNL, Dummer PMH. Root dentinal microcracks: a post-extraction experimental phenomenon? *Int Endod J* 2019;52:857-865.

18. Fráter M, Jakab A, Braunitzer G, Tóth Z, Nagy K. The potential effect of instrumentation with different nickel titanium rotary systems on dentinal crack formation-An in vitro study. *PLoS One* 2020;15:1-11.
19. Braun A, Hagelauer FJP, Wenzler J, Heimer M, Frankenberger R, Stein S. Microcrack Analysis of Dental Hard Tissue After Root Canal Irradiation with a 970-nm Diode Laser. *Photomed Laser Surg* 2018;36:621-628.
20. PradeepKumar AR, Shemesh H, Archana D, Versiani MA, Sousa-Neto MD, Leoni GB, Silva-Sousa YTC, Kishen A. Root Canal Preparation Does Not Induce Dentinal Microcracks In Vivo. *J Endod* 2019;45:1258-1264.
21. Vieira MLO, Dantas HV, Sousa FB, Salazar-Silva JR, Silva EJNL, Batista AUD, Lima TFR. Morphologic Changes of Apical Foramen and Microcrack Formation after Foraminal Enlargement: A Scanning Electron Microscopic and Micro-computed Tomographic Analysis. *J Endod* 2020;46:1726-1732.
22. Cartes-Velásquez R, Manterola Delgado, C. Bibliometric analysis of articles published in ISI dental journals, 2007-2011. *Scientometrics* 2014;98:2223-2233.
23. Linnenluecke MK, Marrone M, Singh AK. Conducting systematic literature reviews and bibliometric analyses. *Aust. J. Manag* 2020 45:175-194.
24. Baskurt OK. Time series analysis of publication counts of a university: What are the implications? *Scientometrics* 2011;86:645-656.
25. Forrest JL, Miller AS. Enhancing your practice through evidence-based decision making. *J. Evid. Based Dent. Pract.* 2001;1:51-57.
26. Liu R, Hou BX, Wesselink PR, Wu MK, Shemesh H. The incidence of root microcracks caused by 3 different single-file systems versus the protaper system. *J Endod* 2013;39:1054-1056.

27. De-Deus G, Silva E, Marins J, Souza E, Neves Ade A, Gonçalves Belladonna F, Alves H, Lopes RT, Versiani MA. Lack of causal relationship between dentinal microcracks and root canal preparation with reciprocation systems. *J Endod* 2014;40:1447-1450.
28. Arias A, Lee YH, Peters CI, Gluskin AH, Peters OA. Comparison of 2 Canal Preparation Techniques in the Induction of Microcracks: A Pilot Study with Cadaver Mandibles. *J Endod* 2014;40:982-985.
29. Ashwinkumar V, Krithikadatta J, Surendran S, Velmurugan N. Effect of reciprocating file motion on microcrack formation in root canals: An SEM study. *Int Endod J* 2014;47:622-627.
30. Aydin U, Aksoy F, Karataslioglu E, Yildirim C. Effect of ethylenediaminetetraacetic acid gel on the incidence of dentinal cracks caused by three novel nickel-titanium systems. *Aust Endod J* 2015;41:104-110.
31. Çiçek E, Koçak MM, Sallam BC, Koçak S. Evaluation of microcrack formation in root canals after instrumentation with different NiTi rotary file systems: A scanning electron microscopy study. *Scanning* 2015;37:49-53.
32. Kansal R, Rajput A, Talwar S, Roongta R, Verma M. Assessment of dentinal damage during canal preparation using reciprocating and rotary files. *J Endod* 2014;40:1443-1446.
33. Priya NT, Chandrasekhar V, Anita S, Tummala M, Raj TB, Badami V, Kumar P, Soujanya E. "Dentinal microcracks after root canal preparation" a comparative evaluation with hand, rotary and reciprocating instrumentation. *J Clin Diagn Res.* 2014;8:70-72.
34. Li SH, Lu Y, Song D, Zhou X, Zheng QH, Gao Y, Huang DM. Occurrence of dentinal microcracks in severely curved root canals with ProTaper Universal, WaveOne, and ProTaper next file systems. *J Endod* 2015;41:1875-1879.

35. Ceyhanli KT, Erdilek N, Tatar I, Celik D. Comparison of ProTaper, RaCe and Safesider instruments in the induction of dentinal microcracks: A micro-CT study. *Int Endod J* 2016;49:684-9.
36. Ustun Y, Sagsen B, Aslan T, Kesim B. The effects of different nickel-titanium instruments on dentinal microcrack formations during root canal preparation. *Eur J Dent.* 2015;9:41-46.
37. Pop I, Manoharan A, Zanini F, Tromba G, Patel S, Foschi F. Synchrotron light-based μ CT to analyse the presence of dentinal microcracks post-rotary and reciprocating NiTi instrumentation. *Clin Oral Investig* 2015;19:11-16.
38. Caballero H, Rivera F, Salas H. Scanning electron microscopy of superficial defects in Twisted files and Reciproc nickel-titanium files after use in extracted molars. *Int Endod J* 2015;48:229-35.
39. Gergi RM, Osta NE, Naaman AS. Dentinal crack formation during root canal preparations by the twisted file adaptive, Reciproc and WaveOne instruments. *Eur J Dent.* 2015;9:508-12.
40. Miguéns-Vila R, Martín-Biedma B, Varela-Patiño P, Miguéns-Vila R, Martín-Biedma B, Varela-Patiño P, Ruíz-Piñón M, Castelo-Baz P. Vertical Root Fracture initiation in curved roots after root canal preparation: A dentinal micro-crack analysis with LED transillumination. *J Clin Exp Dent* 2017;9:e1218-1223.
41. Bahrami P, Scott R, Galicia JC, Arias A, Peters OA. Detecting Dentinal Microcracks Using Different Preparation Techniques: An In Situ Study with Cadaver Mandibles. *J Endod* 2017;43:2070-2073.
42. Bayram HM, Bayram E, Ocak M, Uygun AD, Celik HH. Effect of ProTaper Gold, Self-Adjusting File, and XP-endo Shaper Instruments on Dentinal Microcrack Formation: A Micro-computed Tomographic Study. *J Endod* 2017;43:1166-1169.

43. De-Deus G, Belladonna FG, Silva EJNL, Souza EM, Carvalhal JCA, Perez R, Lopes RT, Versiani MA. Micro-CT assessment of dentinal micro-cracks after root canal filling procedures. *Int Endod J* 2017;50:895-901.
44. Bayram HM, Bayram E, Ocak M, Uzuner MB, Geneci F, Celik HH. Micro-computed Tomographic Evaluation of Dentinal Microcrack Formation after Using New Heat-treated Nickel-titanium Systems. *J Endod* 2017;43:1736-1739.
45. Saha S, Vijaywargiya N, Saxena D, Saha MK, Bharadwaj A, Dubey S. Evaluation of the incidence of microcracks caused by Mtwo and ProTaper next rotary file systems versus the self-adjusting file: A scanning electron microscopic study. *J Conserv Dent* 2017;20:355-359.
46. Zuolo ML, De-Deus G, Belladonna FG, Silva EJ, Lopes RT, Souza EM, Versiani MA, Zaia AA. Micro-computed Tomography Assessment of Dentinal Micro-cracks after Root Canal Preparation with TRUShape and Self-adjusting File Systems. *J Endod* 2017;43:619–622.
47. Koçak MM, Çırakoğlu NY, Koçak S, Sağlam BC, Çiçek E, Türker SA, Bodrumlu E. Effect of retreatment instruments on microcrack formation: A microcomputed tomography study. *Int J Artif Organs* 2017;40:123–127.
48. Kfir A, Elkes D, Pawar A, Weissman A, Tsisis I. Incidence of microcracks in maxillary first premolars after instrumentation with three different mechanized file systems: a comparative ex vivo study. *Clin Oral Investig* 2017;21:405-411.
49. Bucchi C, Gimeno-Sandig A, Manzanares-Céspedes C. Enlargement of the apical foramen of mature teeth by instrumentation and apicoectomy. A study of effectiveness and the formation of dentinal cracks. *Acta Odontol Scand* 2017;75:488-495.

50. Jain A, Nikhil V, Bansal P. Effect of root canal preparation, obturation, and retreatment on the induction of dentinal microcracks: A microcomputed tomography study. *J Conserv Dent* 2018;21:521-525.
51. Li ML, Liao WL, Cai HX. A micro-computed tomographic evaluation of dentinal microcrack alterations during root canal preparation using single-file Ni-Ti systems. *Exp Ther Med* 2018;15:494-599.
52. Langaliya AK, Kothari AK, Surti NR, Patel AR, Doshi PR, Pandya DJ. In vitro comparative evaluation of dentinal microcracks formation during root canal preparation by different nickel-titanium file systems. *Saudi Endod. J* 2018;8:183-188.
53. John ER, Kadaikal B, Manocha S, Rao S, Ballal NV. Evaluation of micro crack propagation in root canal dentin after the use of Reciproc and WaveOne Gold rotary systems. *Int. J. Clin. Dent.* 2018;11:201–208.
54. Çapar ID, Gök T, Uysal B, Keles A. Comparison of microcomputed tomography, cone beam tomography, stereomicroscopy, and scanning electron microscopy techniques for detection of microcracks on root dentin and effect of different apical sizes on microcrack formation. *Microsc Res Tech* 2019;82:1748-1755.
55. Rödig T, Krämer J, Müller C, Wiegand A, Haupt F, Rizk M. Incidence of microcracks after preparation of straight and curved root canals with three different NiTi instrumentation techniques assessed by micro-CT. *Aust Endod J* 2019;45:394–399.
56. Aydın UZ, Keskin NB, Özyürek, T. Effect of Reciproc blue, XP-endo shaper, and WaveOne gold instruments on dentinal microcrack formation: A micro-computed tomographic evaluation. *Microsc Res Tech* 2019;82:856–860.
57. Sachdeva N, Nikhil V, Jha P. Effect of ultrasonic root-end cavity preparation on dentinal microcrack formation: A micro-computed tomography study. *J Conserv Dent* 2019;22:362–366

58. Katanec T, Miletić I, Baršić G. Incidence of dentinal micro cracks during root canal preparation with self adjusting file, Reciproc Blue, and ProTaper Next. *Iran Endod J* 2020;15:6–11.
59. Almeida A, Romeiro K, Cassimiro M, et al. Micro-CT analysis of dentinal microcracks on root canals filled with a bioceramic sealer and retreated with reciprocating instruments. *Sci. Rep.* 2020;10:1–6.
60. Alkahtany SM, Al-Madi EM. Dentinal Microcrack Formation after Root Canal Instrumentation by XP-Endo Shaper and ProTaper Universal: A Microcomputed Tomography Evaluation. *Int J Dent* 2020;8:1-6.
61. Garcia MN, Tiano JP, Contreras O, et al. Trends in Academic Dentistry and Oral Health Research Funding by Gender. *JDR Clin Trans Res* 2020;5:176-184.
62. Tarazona B, Vidal-Infer A, Alonso-Arroyo A. Bibliometric analysis of the scientific production in implantology (2009–2013) *Clin Oral Implants Res* 2017;28:864-870.
63. Ruiz-Saenz J, Martinez-Gutierrez M. Virology research in a Latin American developing country: A bibliometric analysis of virology in Colombia (2000–2013). *J Infect Dev Ctries* 2015;9:1226-1237.
64. Pithon MM. Importance of the control group in scientific research. *Dental Press J Orthod* 2013;18:13-14.
65. Adnan S, Ullah R. Top-cited Articles in Regenerative Endodontics: A Bibliometric Analysis. *J Endod* 2018;44:1650–1664.
66. Keles A, Alcin H, Kamalak A, Versiani MA. Oval-shaped canal retreatment with self-adjusting file: A micro-computed tomography study. *Clin Oral Investig* 2014;18:1147–1153.

FIGURE LEGENDS

FIGURE 1 - Flow diagram of selected studies

FIGURE 2 - Total number of studies published per year between 2010-2020, and according to funding

FIGURE 3 - Distribution of studies according to the three countries with the highest number of papers published. (A) Number of papers per country, and percentage of studies with funding in each country. (B) Average number of institutions in the studies conducted in each country. (C) Venn diagram of the three countries with the highest number of papers published, according to the journal of publication

FIGURE 4 - Characterization of journals. (A) Number of studies published in the five journals with the highest number of papers published, average citations in papers published in each journal, and average citations per year in each journal. (B) Average number of citations according to the impact factor of the journal. (C) Average number of citations according to funding

FIGURE 5 - Characterization of the studies included. (A) Presence of dentin microcracks in the test group. (B) Teeth used in each study. (C) Presence of a control group in the studies. (D) Baseline evaluation in the study, before endodontic treatment. (E) Statistical analysis of data

FIGURE 6 - Techniques used to evaluate presence of dentin microcracks

FIGURES

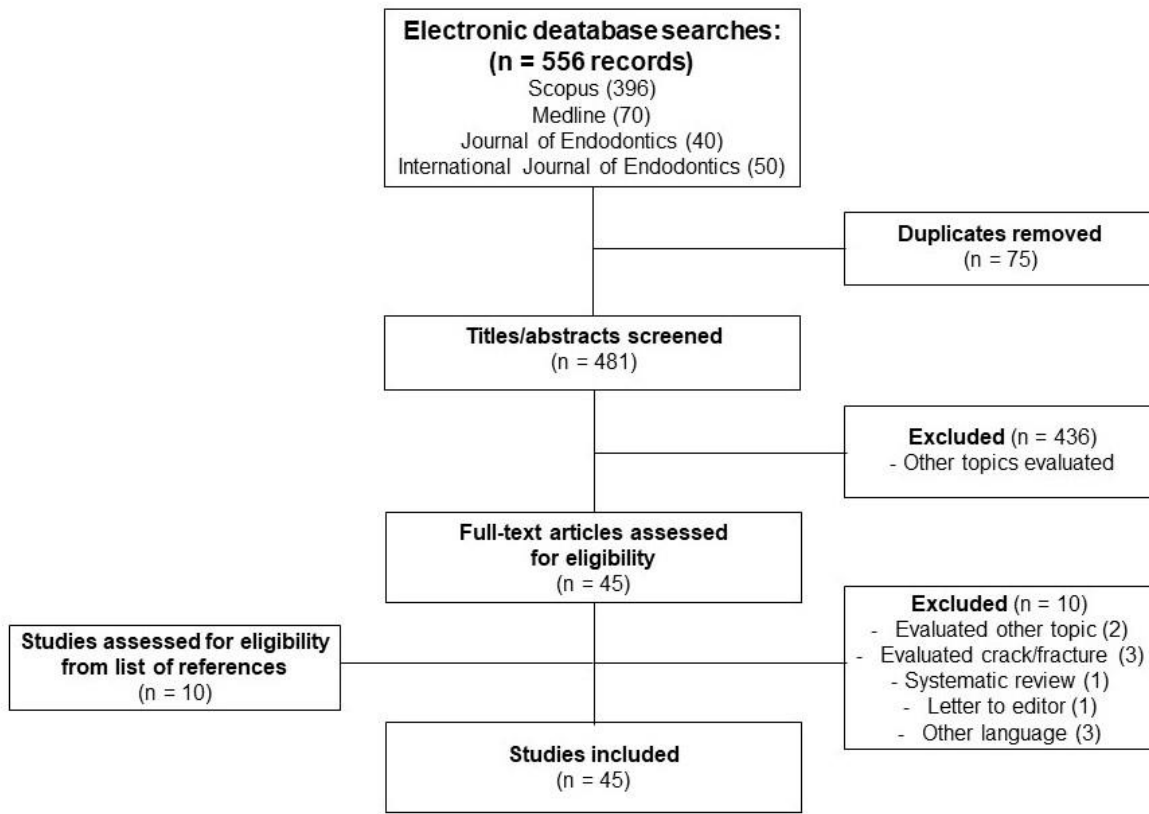


Figure 1 - Flow diagram of selected studies

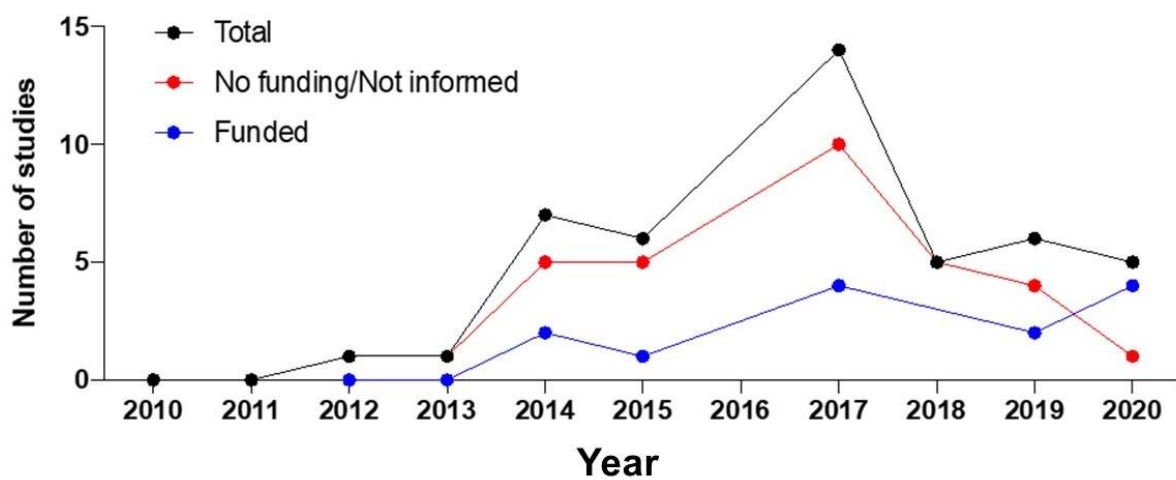


Figure 2 - Total number of studies published per year between 2010-2020, and according to funding

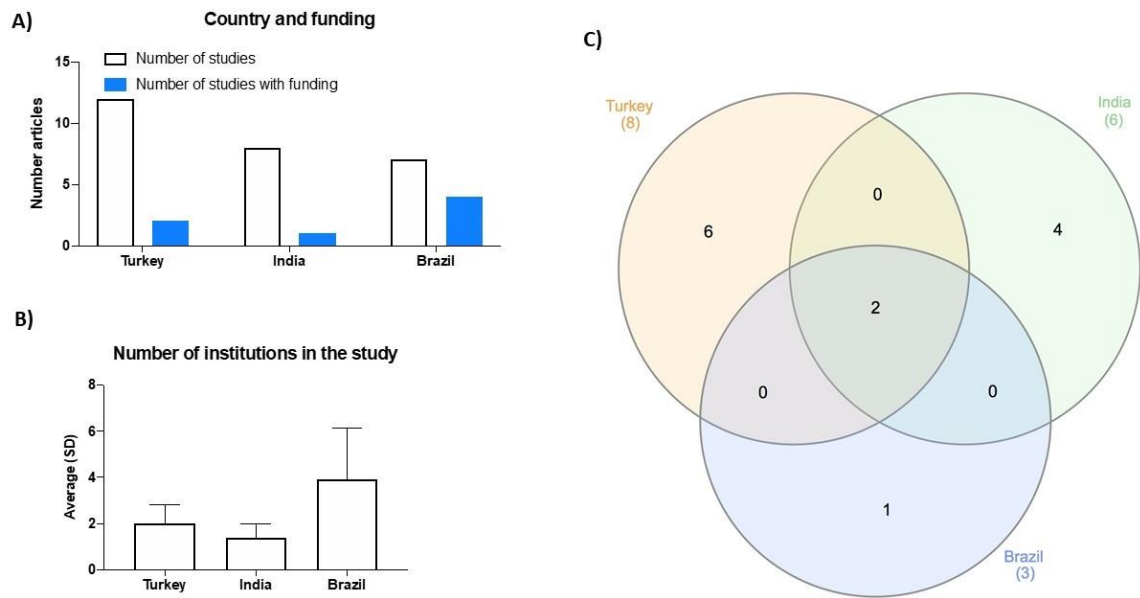


Figure 3 - Distribution of studies according to the three countries with the highest number of papers published. (A) Number of papers per country, and percentage of studies with funding in each country. (B) Average number of institutions in the studies conducted in each country. (C) Venn diagram of the three countries with the highest number of papers published, according to the journal of publication

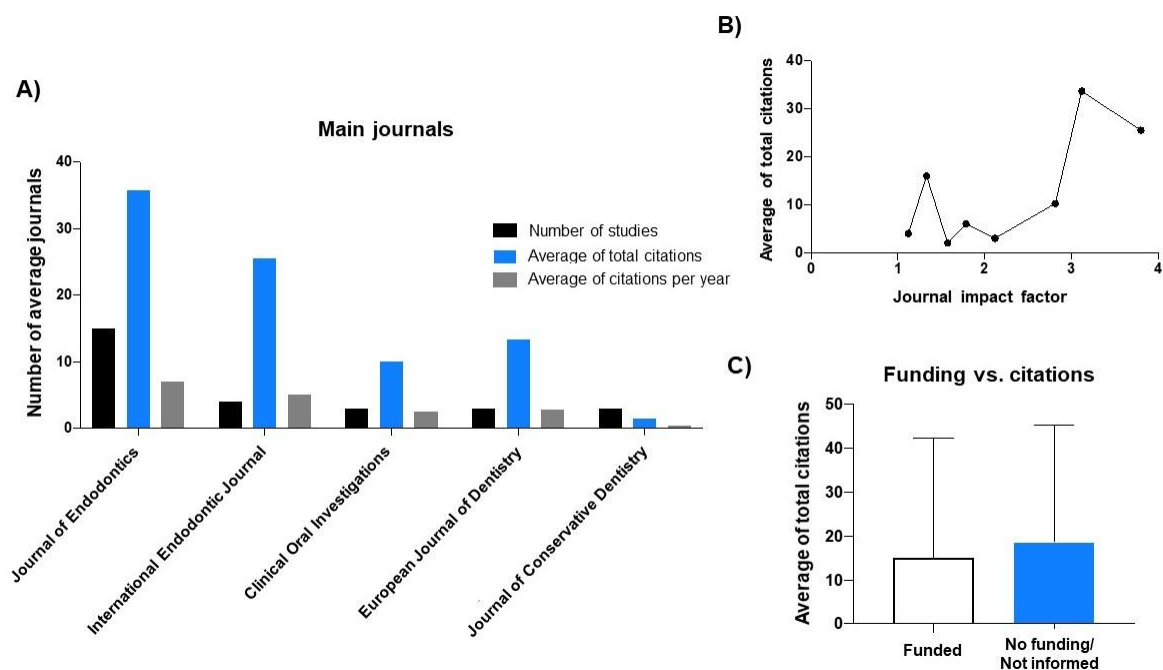


Figure 4 - Characterization of journals. (A) Number of studies published in the five journals with the highest number of papers published, average citations in papers published in each journal, and average citations per year in each journal. (B) Average number of citations according to the impact factor of the journal. (C) Average number of citations according to funding

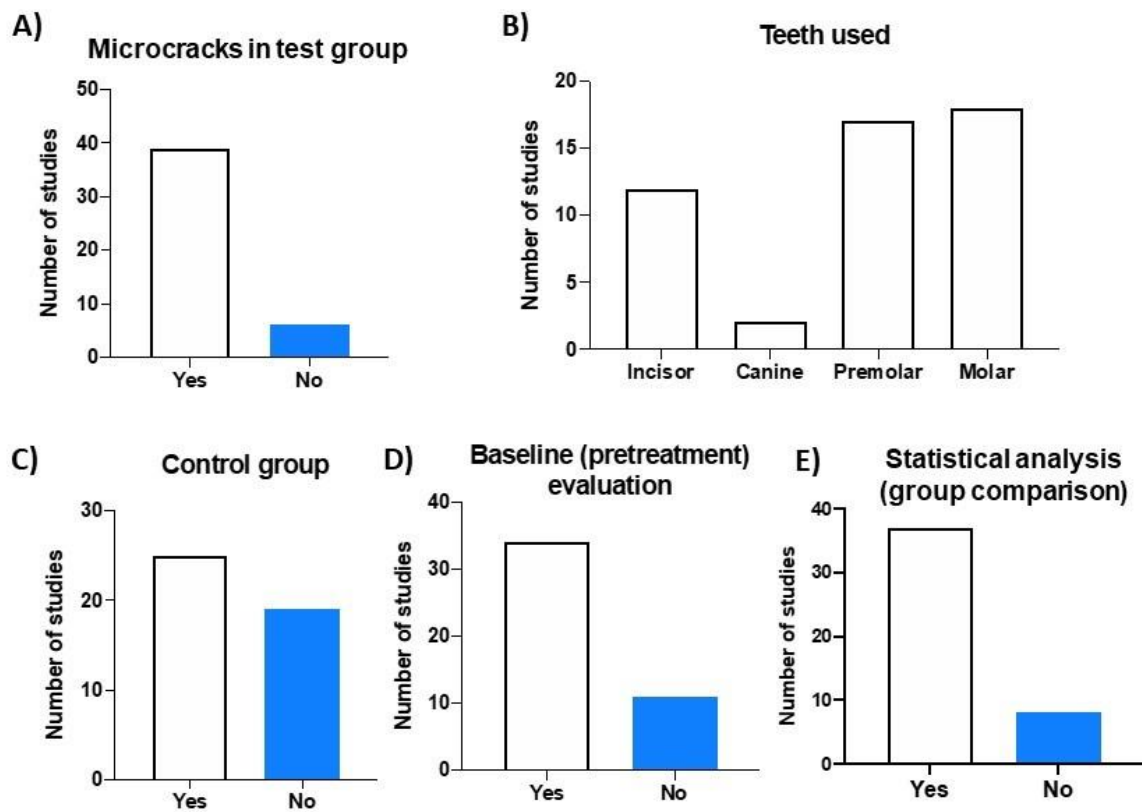


Figure 5 - Characterization of the studies included. (A) Presence of dentin microcracks in the test group. (B) Teeth used in each study. (C) Presence of a control group in the studies. (D) Baseline evaluation in the study, before endodontic treatment. (E) Statistical analysis of data

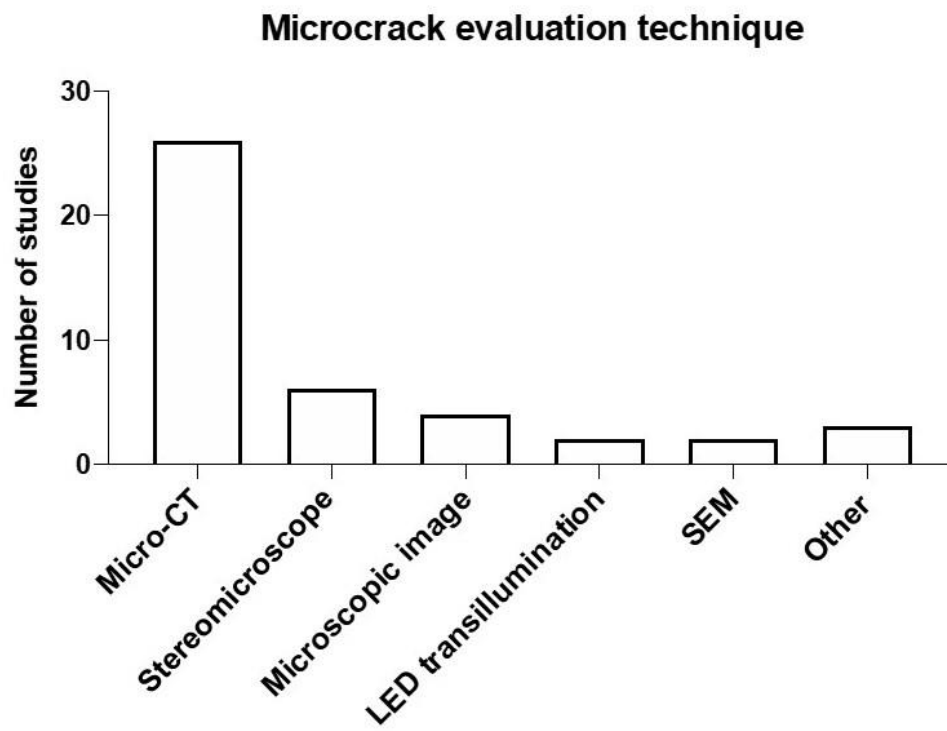


Figure 6 - Techniques used to evaluate presence of dentin microcracks

7 ARTIGO CIENTÍFICO 2

O artigo científico 2 intitulado: “**Dentinal microcracks induced by endodontic procedures: a suggestion of design to experimental studies using micro-CT and strain gauges**” foi submetido ao periódico *Journal of Endodontics* (Qualis A1), tendo sido formatado de acordo com as suas normas.

Foi elaborado de acordo com as suas normas que se encontram no endereço eletrônico:
<https://www.aae.org/specialty/publications-research/journal-of-endodontics/joe-authors/guidelines-publishing-papers-joe/>

Original Research

Dentinal microcracks induced by endodontic procedures: suggested design for experimental studies using micro-CT and strain gauges

Stéphanie Quadros Tonelli¹, Marcelo Avelar Antunes², Kênia Maria Soares de Toubes¹, Antônio Carlos de Oliveira Miranda³, André Maués Brabo Pereira⁴, Eduardo Nunes¹, Frank Ferreira Silveira¹

¹Department of Dentistry, Pontifical Catholic University of Minas Gerais, Avenida Dom José Gaspar, 500, Belo Horizonte, MG 30535-901, Brazil

²School of Medicine, University of Buenos Aires, Paraguay 2155, 10109 CABA, Argentina

³Department of Civil and Environmental Engineering, University of Brasília, SG-12 Building, Darcy Ribeiro Campus, DF 70910-900, Brazil

⁴Department of Computer Science, Institute of Computing, Fluminense Federal University, Rua Passo da Pátria 156, Niterói, RJ 24220-900, Brazil

From the *Department of Dentistry, Pontifical Catholic University of Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil

Acknowledgments

The authors deny any conflicts of interest.

Corresponding author:

Frank Ferreira Silveira

Department of Dentistry, Pontifical Catholic University of Minas Gerais, Belo Horizonte, Brazil

Avenida Dom José Gaspar, 500 - Prédio 46, Coração Eucarístico

30535-901 - Belo Horizonte, MG, Brazil

Tel: +55 (31) 3319-4414 / Fax: +55 (31) 3319-4415

Email: frankfoui@uol.com

Abstract

Aim The present study aimed to describe an in vitro study model to investigate root surface strain (RSS), and its correlation with the initiation/propagation of microcracks during different endodontic procedures.

Methodology Four lower human incisors extracted microcrack-free were selected by micro-CT. Two strain gauges were bonded to the root surface of each incisor. Then, the teeth were prepared to reproduce the periodontal ligament artificially. The gauges were attached to a data acquisition system. The RSS was recorded during the entire endodontic procedure, which consisted of accessing the endodontic cavity, cleaning, shaping preparation with an Mtwo rotary system, and filling with a standardized technique. Each incisor was submitted to a different retreatment protocol and supplementary cleaning method: 1- Reciproc (RC) + Flatsonic (FS); 2- RC + XPEndo Finisher (XPF); 3- Mtwo retreatment (MR) + FS; 4- MR + XPF. Finally, the teeth were rescanned to establish the post-operative microcrack formation by two well-trained and blinded examiners.

Results The maximum and minimum RSS values were -120 and 510 microstrains, respectively, for all the files. RC showed the highest RSS values during endodontic retreatment, compared with MR. FS demonstrated a higher variation between minimum and maximum RSS than XPF. No microcracks were observed in the specimens.

Conclusions This preliminary study proposed an experimental model that would combine two methods to evaluate the effects of endodontic systems on dentin. While strain gauges would provide data on the stresses created, the pre- and postoperative evaluation of micro-CT images would enable microcrack formation to be determined.

Keywords: Endodontic; Experimental analysis; Micro-computed tomography; Root canal treatment; Strain gauge.

Introduction

Root canal treatment aims to achieve a satisfactory biological standard that allows the cure and/or prevention of periapical pathologies. In this sense, the root canal system needs to be accessed, cleaned, shaped, and completely filled¹⁻³. A high success rate has been reported for these procedures, enabled primarily by new technologies, particularly, the development of mechanized endodontic systems⁴⁻⁶.

On the other hand, the stresses induced by mechanized files inside the root canals are known to cause dentin defects, such as microcracks⁷. These microcracks can reduce root resistance, and may lead to tooth fracture, thus aggravating the prognosis of a tooth submitted to endodontic procedures⁷⁻¹⁰.

A systematic literature review concluded that there is a lack of causality between different root canal preparation techniques and microcracks¹¹. The same study evidenced a high heterogeneity of methodological aspects involving other *in vitro* studies. The use of several different techniques, kinematics, and root canal preparation parameters contributes to inconsistent results¹²⁻¹⁵.

In this respect, microcomputed tomography (micro-CT) has been the technique most commonly employed in these studies. The superior performance of micro-CT lies in its ability to preserve the sample intact, thus minimizing the stress to which the teeth are subjected¹³⁻¹⁵. Other methods are considered destructive, and represent an additional and essential source of stress for the specimens¹¹. Another useful tool to determine the active stresses on a sample subjected to a particular stress is an experiment conducted under controlled stresses, using extensometers on the specimen surface¹⁶. The advantage of this methodology is that it provides accurate data on the stresses acting on the specimen.

Therefore, this experimental investigation aimed to describe an in vitro study model for investigating root surface strain (RSS), and its correlation with initiation/propagation of microcracks during different endodontic procedures, using strain gauges and micro-CT scans.

Materials and Methods

Tooth selection

The study protocol was approved by the institutional ethics board (protocol #3032805). Twenty-five extracted human mandibular incisors were collected, clinically free of cracks and defects. The exclusion criteria were applied based on radiographic images at different angles, namely: previous endodontic treatments, calcified canals, abrupt curvatures, internal root resorption, open apex, and root fractures. Initially, nine teeth were selected for the study, and were reserved in a 0.1% thymol solution, at 36°C.

Micro-CT initial scans

The teeth were scanned with a micro-CT device (Xradia 510 Versa, Carl Zeiss Meditec, AG, Jena, Germany). Scanning proceeded by attaching the teeth to a micro-CT scanner holder to ensure their standardized positioning, and maintain them firm and stable, thus keeping them from moving during scanning. Different combinations of magnification levels and distances between the X-ray source and the sample, and between the model and the detector were tested to define the scanning parameters. Based on these previous scans, the distances used in this study were 45.0 mm and 110.0 mm, up to 4× magnification. The parameters selected for the scan were 60 kV, 5 W, 83 μ A, and an exposure time of 2 s. The sample was rotated in increments of 0.225° above 360° to obtain 1601 2D projections.

The apical-incisal dimensions of the incisors were measured. In addition, the parameters of roundness, and the major and minor diameter of the root canal at 2 mm and 5

mm from the apical foramen were evaluated, according to Pereira *et al.*¹⁷. The ratio of major to minor diameter, and the roundness at a distance of 2 mm and 5 mm from the apical foramen were determined using a TXM3D Viewer software program (Xradia, Inc). Next, six teeth with similar apical-incisal length, and canals with a proportion (largest diameter/smallest diameter) between 1.5 and 2.0, and circularity between 0.45 and 0.6 were selected¹⁷.

3D reconstruction and analysis of microcrack presence

The TXM Reconstructor software program (Carl Zeiss Meditec AG, Jena, Germany) was used to reconstruct the teeth, resulting in the complete representation of each internal microstructure of the sample. The reconstructions were saved in TIFF format (Fig. 1). All the cross-sectional images of the four incisors were screened from the cemento-enamel junction to the apex, by two previously trained examiners, to identify the presence of dentinal defects. The presence of microcracks was checked in all the slices of the teeth (Fig. 2q). Two teeth with previous microcracks detected on the micro-CT images were excluded. Four mandibular incisors with flattened canals and with no dentinal microcracks were then selected for this experimental study design. The teeth were maintained in 0.1% thymol solution before the procedures.

Experimental strain gauge test and artificial reproduction of the periodontal ligament

After the initial scan was performed, two strain gauges were fixed parallel to the long axis of each specimen on the mesial and distal root surface, as apically as possible¹⁸. A 37% phosphoric acid solution (3M ESPE, St. Paul, MN) was applied for 30 seconds to etch the gauge sites, which were then washed with water for 15 seconds and dried with air jets. The strain gauges (KFH-03-120-C1-11L1M2R, OMEGA) measured 0.3 mm grid length and 1.96

mm grid width, and were bonded to the tooth structure with cyanoacrylate adhesive (Super Bonder; Loctite, Sao Paulo, Brazil).

Once the strain gauges were adequately attached to the teeth, and protected with a thin coat of ethyl acetate, the clinical conditions were simulated according to Soares *et al.*¹⁶, aiming to reproduce the periodontal ligament artificially.

The strain gauges were attached to the data acquisition system, a National Instruments cDAQ-9174 chassis with four slots. The RSS signals were processed by the Signal Express 2013 software program (National Instruments, Austin, TX, USA). All the gauges were tested before performing endodontic procedures, and the strain signals were calibrated using a weight checked with a precision scale. The schematic illustration of the study design can be seen in Figure 2.

Endodontic Procedures

All the endodontic procedures were performed by a well-trained endodontic specialist. The access cavities of the four mandibular incisors were prepared with a 1012 spherical diamond drill (Microdont Ltda, Socorro, SP, Brazil) and refined with Endo-Z drills (Dentsply Sirona, Ballaigues, Switzerland). Initial exploration of the canal was performed with manual files type K #8, #10, and #15 (Dentsply Sirona). The working length (WL) was established at 1 mm short of the apical foramen using a type K #10 file, and confirmed with digital radiography. Then, the glidepath was established using a K #15 file to the WL.

The canals were prepared using the Mtwo system (VDW, Munich, Germany) up to 25/0.06, and to the WL. The instruments were activated in continuous rotation coupled to a VDW Silver engine (VDW, Munich, Germany). During preparation, a total of 5 mL of 2.5% sodium hypochlorite (NaOCl) was used. Irrigation was performed using NaviTip 30-G needles (Ultradent, South Jordan, USA) inserted into the canal up to 3 mm short of the WL.

The final irrigation was performed with 2 mL of 17% EDTA and 5 mL of twice-distilled water, followed by drying with absorbent paper tips. The root canals were filled with a 25/.06 gutta-percha cone (VDW) and with AH Plus sealer (Dentsply Sirona), using the single cone technique. The specimens were stored for seven days at 36°C and 100% humidity.

The specimens were randomly divided into two groups to remove the intracanal filling, simulating endodontic retreatment, according to the system used:

- Mtwo R and Mtwo Group (n=2): the filling material was removed using the Mtwo R 15/.05 and 25/.05 instruments up to two-thirds of the WL. Apical permeability was checked with a K #15 file, and the canal was irrigated. The canal was then prepared using the following sequence of instruments: 20/.06, 25/.06, 30/.05, 35/.04 and 40/.04;
- Reciproc R25 and R40 Group (n = 2): removal of the filling material with a Reciproc R25 instrument (VDW, Munich, Germany) driven by an electric motor (VDW Silver) in the reciprocating mode, with in and out movements of 3 mm amplitude in the apical direction. The advance was performed with light apical pressure until the instrument reached two-thirds of the WL. The R25 file was activated until reaching the WL, and the canal was irrigated. Cleaning up to the WL was confirmed with a K #15 file; the canal was then irrigated, and a Reciproc R40 instrument was used to complement the removal/enlargement of the canal.

Each tooth was rinsed with 10 ml of 2.5% NaOCl during the procedures to standardize the sample.

Supplementary cleaning methods

After the filling material was removed, each group was divided into two experimental subgroups (n = 1), according to the complementary cleaning method used: Flatsonic or XP-Endo Finisher, as can be seen in the diagram in Table 1.

Table 1. Endodontic procedures performed on each specimen

Tooth	Endodontic access cavity	Endodontic treatment (root canal preparation and filling)	Filling material removal (Endodontic retreatment)	Supplementary cleaning methods
1	Diamond bur #1012 and Endo Z	Mtwo rotary system until 25/ .06 and single cone technique	Reciproc	Flatsonic
2			Mtwo R	
3			Reciproc	XP Endo Finisher
4			Mtwo R	

- XP-Endo Finisher: after irrigation with 2 mL of 2.5% NaOCl, an XP-Endo Finisher instrument (FKG Dentaire, Switzerland) was activated inside the canal for 1 minute at 1000 rpm, and 1 Ncm to the WL, in brushing movements of 7 to 8 mm in amplitude. Lastly, the root canal was irrigated with an additional 2 mL of 2.5% NaOCl for 30 seconds;
- Flatsonic: the Flatsonic instrument (Helse, Santa Rosa de Viterbo Brasil) was coupled to an ultrasound device (Gnatus, Ribeirão Preto, SP, Brazil) and adjusted to a power of 10%. It was used under irrigation with 2 mL of 2.5% NaOCl for 1 minute inside the root canal, with in and out movements, touching the walls of the canal to remove the remaining gutta-percha and cement. Lastly, the canal was irrigated with 2 mL of 2.5% NaOCl.

Final micro-CT scans and data analyses

The value of the respective RSS (microstrain) caused by using different systems on the incisor roots during the endodontic procedures was obtained and recorded. The teeth were then carefully removed from the resin-polyether set to be scanned again, with the gauges still in position. Finally, the teeth were rescanned by micro-CT. All cross-sectional images were screened to identify the presence of dentinal defects, as described by two previously well-trained examiners blinded to the experimental groups. Figure 3 shows the final 3D reconstructions of the incisors used in the present study.

Results

In general, the observed deformation showed a minimum value of -120 and a maximum value of 510 microstrains for all instruments used during the endodontic procedures. Figure 4 shows the typical behavior of deformations for all the stages and systems used in the processes. Stress relief in the tooth is reflected by the negative deformations.

Figure 4 (a,b) shows the RSS for the endodontic access cavity, and for the endodontic treatment of tooth 4, respectively, measured by the two strain gauges. Filling of the canal at the end of this procedure explains the increase in RSS at the end. The sealing material inside the root canal system caused an increase in the deformations measured on the tooth surface.

Endodontic retreatment with Reciproc (reciprocating system) showed the highest microstrain values compared to Mtwo R (rotary system) (Fig 4c,d). Comparing the supplementary methods used, that of Flatsonic (ultrasonic) showed superior variation between minimum and maximum deformation values, compared with XPEndo Finisher (rotary) (Fig 4e,f). The maximum RSS in the graphs reproduces the highest strain measured during the canal shaping.

Evaluation of the microtomographic images confirms that the exclusively microcrack-free incisors selected in the initial assessment remained without dentinal defects in the postoperative scanning.

Discussion

Endodontic mechanized systems speed up endodontic procedures, reducing treatment time, and maximizing the cleaning and shaping of the root canal system^{7,13,18}. However, some studies associate their use with dentin defect production, because of the increase in torque, conicity and speed of the devices in the root canal system^{9,18,19}. The inconsistency in the literature concerning the initiation and propagation of microcracks by mechanized devices can be justified when considering that several different evaluation methods were used in these studies.

Therefore, the current study proposed the association of two methods to provide better evidence on this issue. Opportunely, studies that have indicated mechanical preparation as the cause of development of dentinal defects are based on root cutting methods, and direct observation by optical microscopy^{8,20}. These methods are considered destructive and represent an additional source of stress on the specimens. Comparatively, the main advantages of micro-CT are not only enabling images to be viewed with high precision, but also allowing samples to be preserved intact^{13,14}.

A recent study has already shown that the extraction procedure can lead to some dentinal cracks¹². An important point to be considered in this experimental model is the micro-CT scanning performed before the procedures. Some previous studies did not establish the pre-existing microcracks in the specimens before treatment, and erroneously attributed the cause of the microcracks to the endodontic treatment^{18,20-22}.

Apart from the limitation attributed to the samples, the behavior of the specimens detected in this investigation corroborates the results of previous studies, which disagree with the existence of a causal relationship between the endodontic procedures and the occurrence of microcracks^{10,13,14,21}.

The literature of studies lacks investigations into deformations during endodontic procedures¹⁶. In the present experimental study, the rotary movement (Mtwo R) produced fewer stresses than reciprocating movement (Reciproc) in retreatment procedures. A previous study with similar methodology also determined the root surface strain created by two systems with different designs and movements, and observed their effect on apical microcracks. The results of this investigation suggested that the rotary system (ProTaper) produced more apical microcracks than the reciprocating system (WaveOne)¹⁸. The limitations of this study were the lack of a baseline – micro-CT evaluation was conducted before the pre-existing microcracks were identified – and shortcomings in reproducing the clinical conditions carefully¹⁸.

Despite the efforts to reproduce clinical conditions, researchers are faced with the limitations of in vitro studies¹⁸. The use of micro-CT offers substantial advantages in terms of higher resolution, thereby allowing microcracks to be viewed as a feature of this type of study^{13,14}. It is important to highlight that the filling and vertical compaction procedures of the gutta-percha inside the root canal produced the highest stresses detected in this study. Moreover, the filling processes were also related to microcrack production in a previous study⁹.

A customized model was created for each incisor, which was submitted to a different technique performed by the same, well-trained endodontist. The resulting data allowed the authors to calculate the stresses at the roots of these teeth, and to conclude whether or not the procedures themselves favored crack nucleation at the roots. In addition, the instruments used

to remove root canal material in retreatment procedures created stresses different from those caused during the primary shaping. It can also be concluded that these procedures are less likely to drive the stresses.

Other previous studies also showed that the incidence of dental microcracks after preparation with the ProTaper Universal rotary system ranged from 50%²³ to 80%²⁴, whereas the preparation with the Reciproc R25 instruments caused cracks in 5%²³ to 65%²⁵ of the samples. Studies with divergent results can be justified because of the different taper devices and more extensive tips used²⁶, and because of the differences among the different experimental models¹³.

Primary endodontic treatment is associated with the induction of microcrack nucleation^{8,20,27}. The occurrence of microcracks was never studied in a non-surgical endodontic retreatment micro-CT study. It can be hypothesized that an increase in fragility can be expected in these teeth, attributed to dehydration.

Other root canal disinfection strategies have also been associated with the production of dentinal defects. Microcracking has been evaluated in the adjuvant disinfection of the root canal with a 970 nm diode laser in different irradiation modes, compared with chemical disinfection with calcium hydroxide. These previous results showed that a 970 nm diode laser with parameters for adjusted endodontic treatment did not lead to differences in microcrack formation, compared with the control or the calcium hydroxide group. Seemingly, the laser protocol proposed clinically can prevent side effects in the tissue, such as microcracks in the root canal dentin²⁸. Therefore, the experimental model presented can be considered in future investigations.

In vitro studies are important in dentistry, considering that many procedures and evaluations are still very difficult, if at all possible, to be conducted clinically. In addition, this type of study allows the preclinical experimentation of new techniques, materials and

systems, as well as the evaluation of experimental effects on human tissues/organs. In this respect, the results of this preliminary investigation showed that this experimental model allowed associating the data of two methods of evaluating the effects of the mechanized endodontic systems on the dentin. While strain gauges provided data on the stresses created, the pre- and postoperative evaluation of the images by micro-CT enabled determining the microcrack formation.

References

1. Tsesis I, Goldberger T, Taschieri S, et al. The dynamics of periapical lesions in endodontically treated teeth that are left without intervention: a longitudinal study. *J Endod* 2013;39:1510-5. doi: 10.1016/j.joen.2013.09.010.
2. Torabinejad M, Corr R, Handysides R, et al. Outcomes of nonsurgical retreatment and endodontic surgery: a systematic review. *J Endod* 2009 Jul;35(7):930-7. doi: 10.1016/j.joen.2009.04.023.
3. 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* 2017;43:679-86. doi: 10.1016/j.joen.2017.01.004.
4. Lazarski MP, Walker WA, Flores CM, et al. Epidemiological evaluation of the outcomes of nonsurgical root canal treatment in a large cohort of insured dental patients. *J Endod* 2001;27:791-6. doi: 10.1097/00004770-200112000-00021.
5. Ng YL, Mann V, Gulabivala K. A prospective study of the factors affecting outcomes of non-surgical root canal treatment: part 2: tooth survival. *Int Endod J* 2011;44:610-25. doi: 10.1111/j.1365-2591.2011.01873.x.
6. Burry JC, Stover S, Eichmiller F, et al. Outcomes of Primary Endodontic Therapy Provided by Endodontic Specialists Compared with Other Providers. *J Endod*.

- 2016;42:702-5. doi: 10.1016/j.joen.2016.02.008.
7. Soares CJ, Rodrigues MP, Faria-E-Silva AL, et al. How biomechanics can affect the endodontic treated teeth and their restorative procedures? *Braz Oral Res* 2018;32(suppl 1):e76. doi: 10.1590/1807-3107bor-2018.vol32.0076.
 8. Çitak M, Özyürek T. Effect of different nickel-titanium rotary files on dentinal crack formation during retreatment procedure. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects* 2017;11:90-5. doi: 10.15171/joddd.2017.017.
 9. Capar ID, Saygili G, Ergun H, et al. Effects of root canal preparation, various filling techniques and retreatment after filling on vertical root fracture and crack formation. *Dent Traumatol* 2015;31:302-7. doi: 10.1111/edt.12154.
 10. Yilmaz A, Helvacioğlu-Yigit D, Gur C, et al. Evaluation of Dentin Defect Formation during Retreatment with Hand and Rotary Instruments: A Micro-CT Study. *Scanning* 2017;2017:4868603. doi: 10.1155/2017/4868603.
 11. Valle AD, Dotto L, Morgental RD, et al. Influence of Root Canal Preparation on Formation of Dentinal Microcracks: A Systematic Review. *Braz Dent J* 2020;31:201-20. doi: 10.1590/0103-6440202002652.
 12. De-Deus G, Cavalcante DM, Belladonna FG, et al. Root dentinal microcracks: a post-extraction experimental phenomenon? *Int Endod J*. 2019;52:857-65. doi: 10.1111/iej.13058.
 13. De-Deus G, Carvalhal JCA, Belladonna FG, et al. Dentinal Microcrack Development after Canal Preparation: A Longitudinal in Situ Micro-computed Tomography Study Using a Cadaver Model. *J Endod* 2017;43:1553–8. doi: 10.1016/j.joen.2017.04.027.
 14. De-Deus G, Silva EJ, Marins J, et al. Lack of causal relationship between dentinal microcracks and root canal preparation with reciprocation systems. *J Endod*. 2014;40:1447-50. doi: 10.1016/j.joen.2014.02.019.

15. PradeepKumar AR, Shemesh H, Archana D, et al. Root Canal Preparation Does Not Induce Dentinal Microcracks In Vivo. *J Endod* 2019;45:1258–64. doi: 10.1016/j.joen.2019.06.010
16. Soares PV, Santos-Filho PC, Martins LR, et al. Influence of restorative technique on the biomechanical behavior of endodontically treated maxillary premolars. Part I: fracture resistance and fracture mode. *J Prosthet Dent* 2008;99:30-7. doi: 10.1016/S0022-3913(08)60006-2.
17. Pereira RD, Brito-Júnior M, Leoni GB, et al. Evaluation of bond strength in single-cone fillings of canals with different cross-sections. *Int Endod J* 2017;50:177-83. doi: 10.1111/iej.12607.
18. Jamleh A, Komabayashi T, Ebihara A, et al. Root surface strain during canal shaping and its influence on apical microcrack development: a preliminary investigation. *Int Endod J* 2015;48:1103-11. doi: 10.1111/iej.12406.
19. Kim S, Chen D, Park SY, et al. Stress Analyses of Retrograde Cavity Preparation Designs for Surgical Endodontics in the Mesial Root of the Mandibular Molar: A Finite Element Analysis-Part II. *J Endod* 2020;46:539-44. doi: 10.1016/j.joen.2019.12.007.
20. Saha SG, Vijaywargiya N, Saxena D, et al. Evaluation of the incidence of microcracks caused by Mtwo and ProTaper Next rotary file systems versus the self-adjusting file: A scanning electron microscopic study. *J Conserv Dent*. 2017;20:355-9. doi: 10.4103/JCD.JCD_70_17.
21. Arias A, Lee YH, Peters CI, et al. Comparison of 2 Canal Preparation Techniques in the Induction of Microcracks: A Pilot Study with Cadaver Mandibles. *J Endod* 2014;40:982–5. doi: 10.1016/j.joen.2013.12.003.
22. Miguéns-Vila R, Martín-Biedma B, Varela-Patiño P, et al. Vertical root fracture initiation in curved roots after root canal preparation: A dentinal micro-crack analysis with LED

- transillumination. *J. Clin. Exp. Dent* 2017;9:e1218–23. doi: 10.4317/jced.54227.
23. Liu R, Hou BX, Wesselink PR, et al. The incidence of root microcracks caused by 3 different single-file systems versus the ProTaper system. *J Endod* 2013;39:1054–6. doi: 10.1016/j.joen.2013.04.013.
 24. Ashwinkumar V, Krithikadatta J, Surendran S, et al. Effect of reciprocating file motion on microcrack formation in root canals: An SEM study. *Int Endod J* 2014;47:622–7. doi: 10.1111/iej.12197.
 25. Priya NT, Chandrasekhar V, Anita S, et al. “Dentinal microcracks after root canal preparation” a comparative evaluation with hand, rotary and reciprocating instrumentation. *J. Clin. Diagnostic Res* 2014;8:ZC70–2. doi: 10.7860/JCDR/2014/11437.5349.
 26. Kfir A, Elkes D, Pawar A, et al. Incidence of microcracks in maxillary first premolars after instrumentation with three different mechanized file systems: a comparative ex vivo study. *Clin Oral Investig* 2017;21:405-11. doi: 10.1007/s00784-016-1806-3.
 27. Rödiger T, Krämer J, Müller C, et al. Incidence of microcracks after preparation of straight and curved root canals with three different NiTi instrumentation techniques assessed by micro-CT. *Aust Endod J* 2019;45:394–9. doi: 10.1111/aej.12339
 28. Braun A, Hagelauer FJP, Wenzler J, et al. Microcrack Analysis of Dental Hard Tissue After Root Canal Irradiation with a 970-nm Diode Laser. *Photomed Laser Surg* 2018;36:621–8. doi: 10.1089/pho.2018.4470

FIGURE LEGENDS

Figure 1. 3D reconstructions of the mandibular incisors with a flattened canal composing the experimental analyses in views from different angles: (a-d) tooth 1; (e-h) tooth 2; (i-l) tooth 3; (m-p) tooth 3; and (q) tracking of microcracks on axial slices.

Figure 2. Schematic drawing of the experimental study design: (a) position of strain gauges on the root surface of the incisors; (b) experimental model showing reproduction of the periodontal ligament and alveolar bone, and the data acquisition (RSS).

Figure 3. 3D reconstructions of the mandibular incisors after micro-CT rescan with strain gauges, positioned to allow views from the mesiobuccal to the distolingual direction, respectively: (a-b) tooth 1; (c-d) tooth 2; (e-f) tooth 3; (g-h) tooth 4.

Figure 4. The following RSS data represents the typical samples of all the groups, along with the endodontic procedures: (a) endodontic access cavity; (b) endodontic treatment (rotary system); (c) endodontic retreatment – filling removal with Mtwo R and (d) Reciproc; (e) supplementary cleaning methods using XP Endo Finisher and (f) Flatsonic.

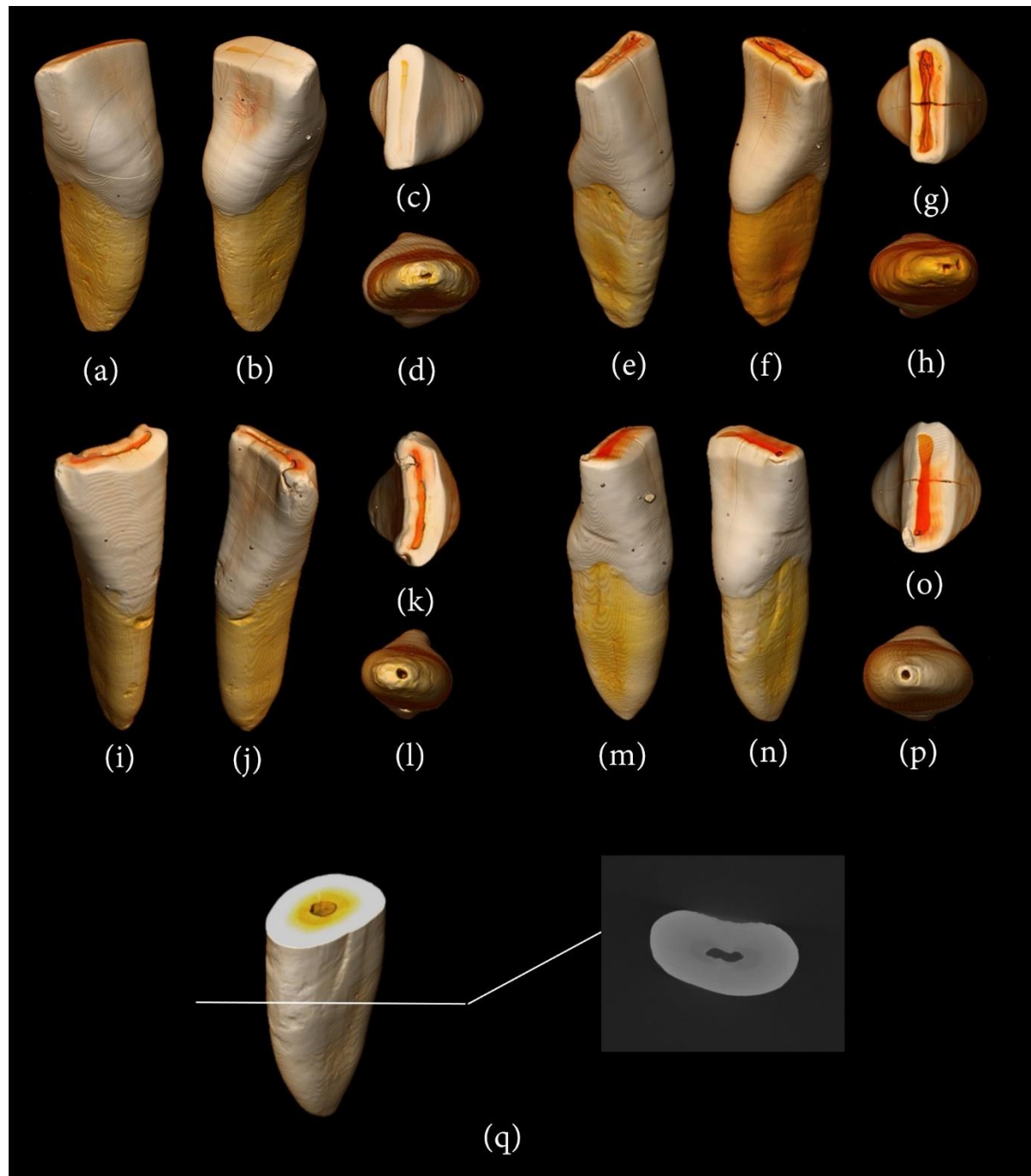


FIGURE 1. 3D reconstructions of the mandibular incisors with a flattened canal composing the experimental analyses in views from different angles: (a-d) tooth 1; (e-h) tooth 2; (i-l) tooth 3; (m-p) tooth 3; and (q) image illustrating tracking of microcracks on axial slices

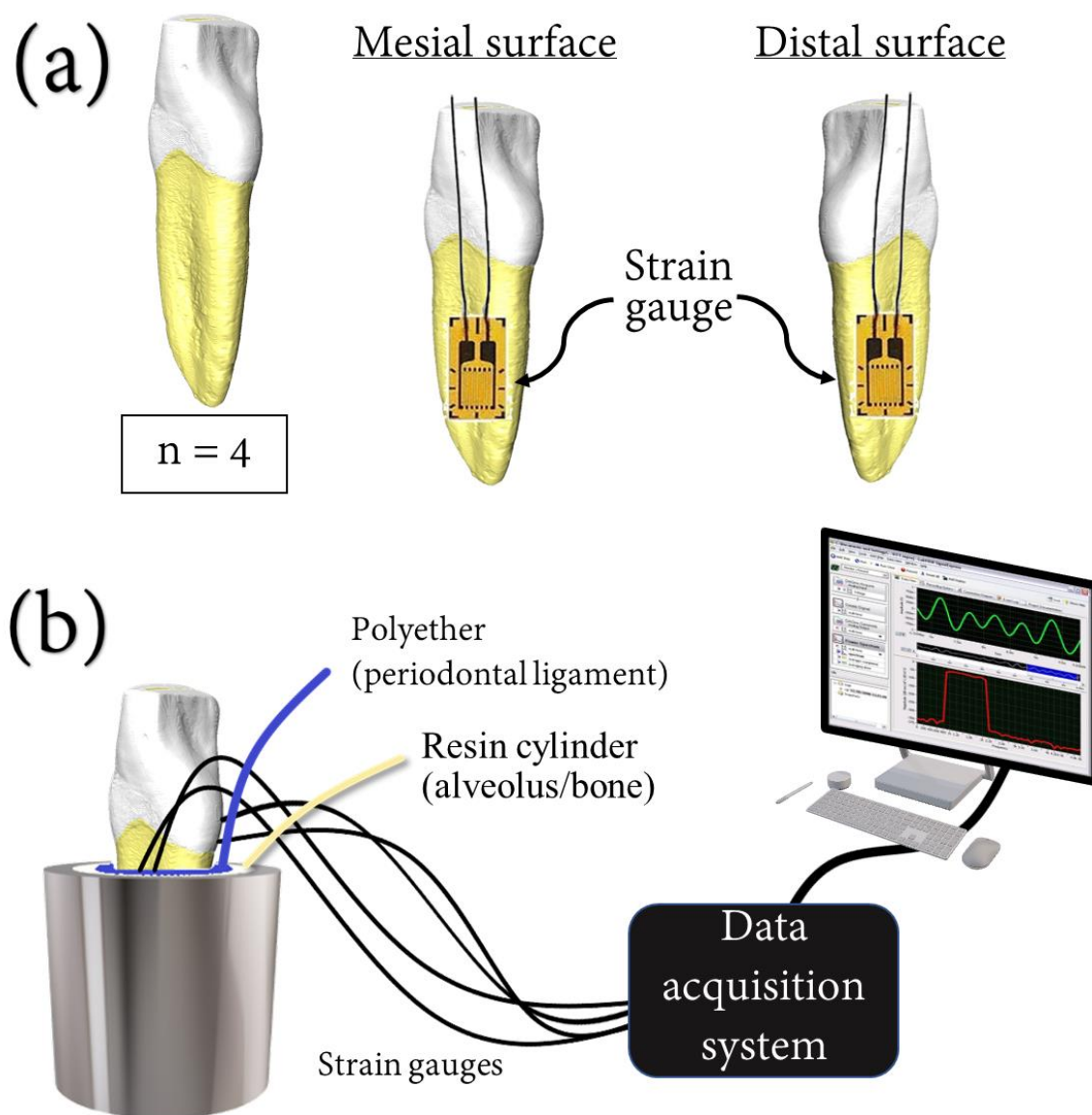


FIGURE 2. Schematic drawing of the experimental study design: (a) position of strain gauges on the root surface of the incisors; (b) experimental model showing reproduction of the periodontal ligament and alveolar bone, and the data acquisition (RSS)

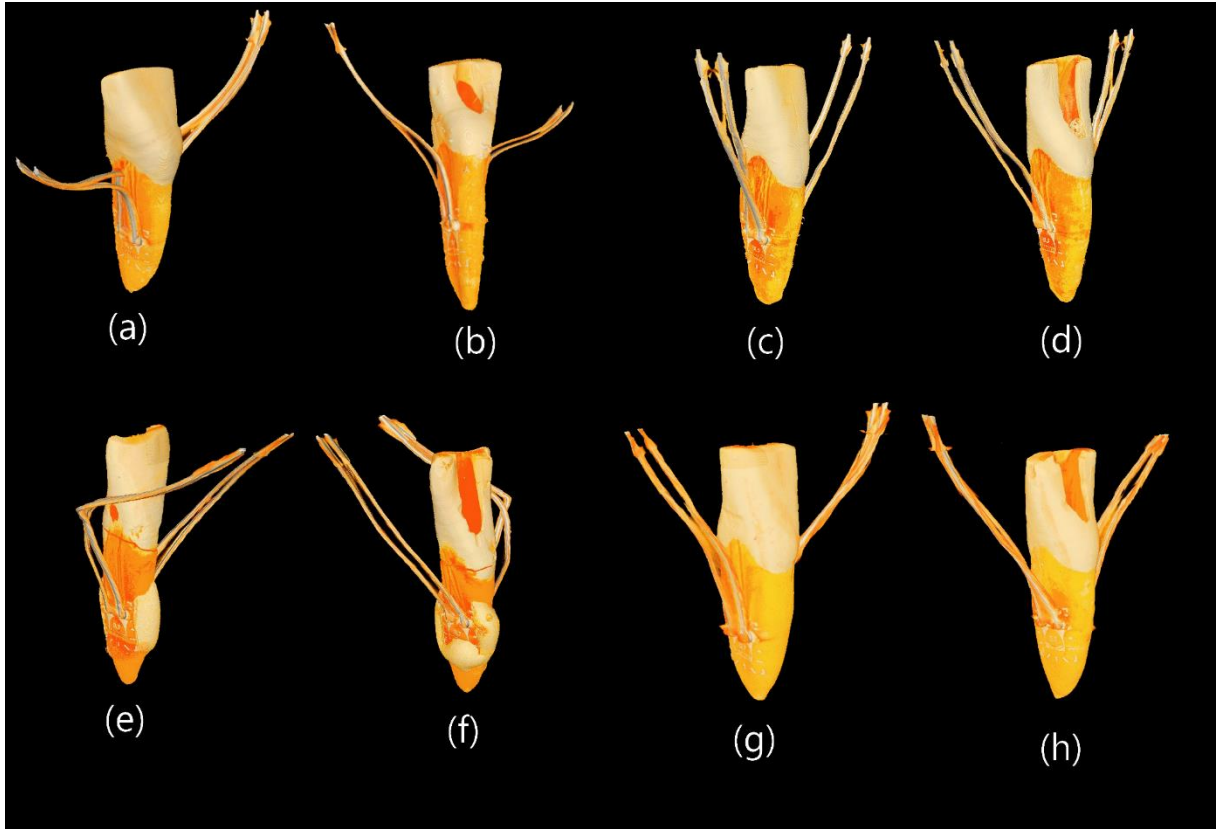


FIGURE 3. 3D reconstructions of the mandibular incisors after micro-CT rescan with strain gauges, positioned to allow views from the mesiobuccal to the distolingual direction, respectively: (a-b) tooth 1; (c-d) tooth 2; (e-f) tooth 3; (g-h) tooth 4

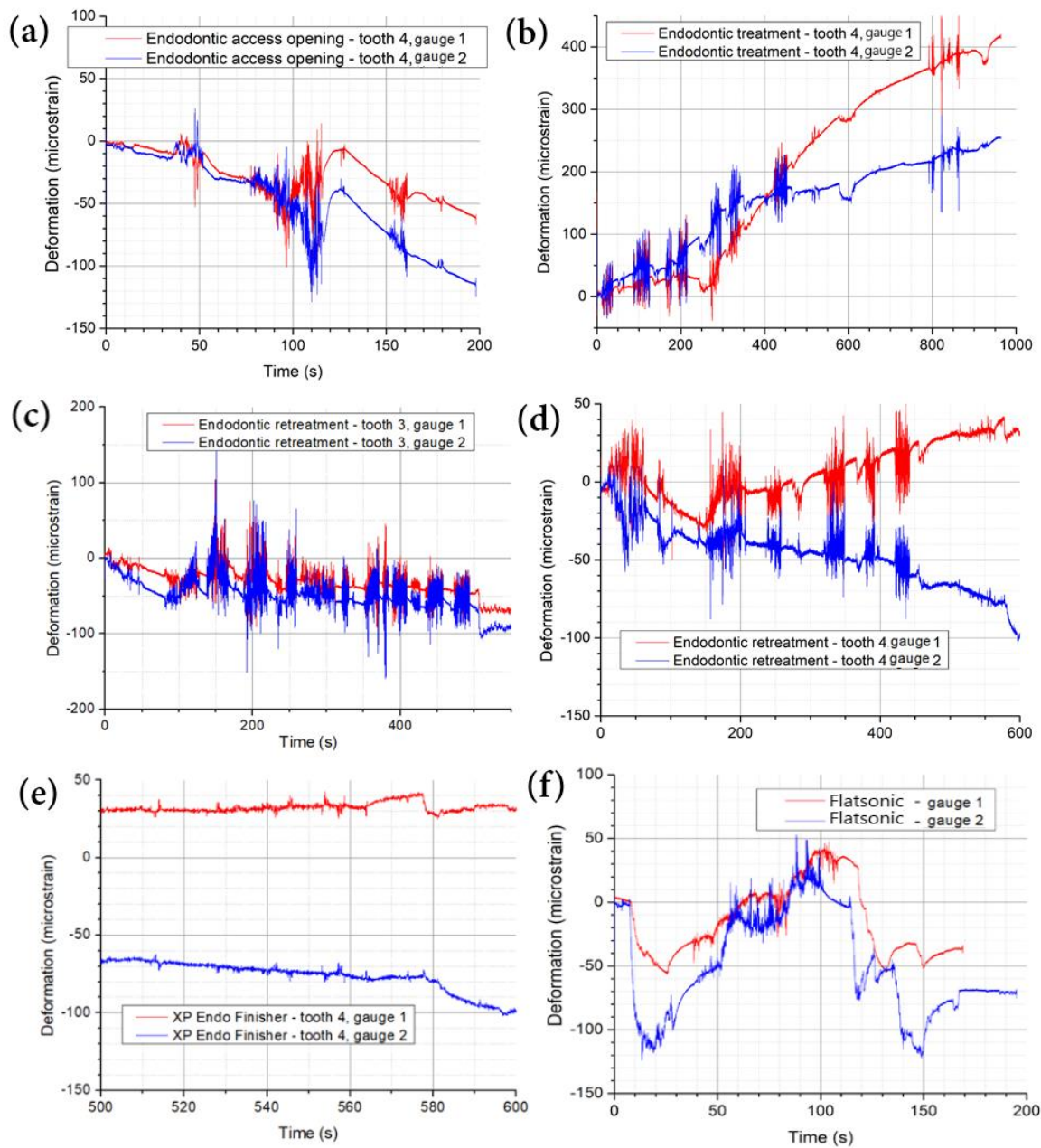


FIGURE 4. The following RSS data represents the typical samples of all the groups, along with the endodontic procedures: (a) endodontic access cavity; (b) endodontic treatment (rotary system); (c,d) endodontic retreatment - filling removal with Mtwo R and Reciproc, respectively; (e,f) supplementary cleaning methods using XP Endo Finisher and Flatsonic, respectively.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo bibliométrico forneceu o padrão científico e as tendências de publicações que avaliaram microtrincas dentinárias após procedimentos endodônticos. Essa revisão proporcionou uma visão geral de informações relevantes sobre a produção científica, como países, periódicos e outros parâmetros, bem como seu papel na produção científica dessa temática. Um achado importante dessa análise foi que a maioria dos estudos incluídos apresentavam um desenho *ex-vivo* e uma heterogeneidade considerável entre as metodologias foi identificada.

Os estudos *in vitro* são importantes na Odontologia, uma vez que permitem a experimentação pré-clínica de novas técnicas e materiais e a avaliação dos seus efeitos nos tecidos/órgãos humanos. A sugestão de um modelo de estudo experimental combinando dois métodos para avaliar os efeitos dos sistemas endodônticos na dentina parece oportuno e pode auxiliar na elucidação dessa questão em trabalhos futuros. Enquanto os extensômetros forneceram dados das tensões geradas, as imagens de micro-TC pré e pós-operatórias possibilitaram a visualização da formação de microtrincas.

Dessa maneira, com esse estudo, pode-se admitir a hipótese nula 1 e a hipótese alternativa 2 como sendo verdadeiras.

REFERÊNCIAS

- ABOUD, L.R.L. *et al.* Effect of aging on dentinal crack formation after treatment and retreatment procedures: a Micro-CT study. **Brazilian Dental Journal**, v.29, n.6, p. 530-535, Nov./Dec. 2018.
- ADL, A.; SEDIGH-SHAMS, M.; MAJD, M. The effect of using RC prep during root canal preparation on the incidence of dentinal defects. **Journal of Endodontics**, v.41, n.3, p. 376-379, Mar. 2015.
- AKSOY, Ç. *et al.* Evaluation of XP-endo Shaper, Reciproc Blue, and Protaper Universal NiTi Systems on dentinal microcrack formation using micro-computed tomography. **Journal of Endodontics**, v.45, n.3, p. 338-342, Mar. 2019.
- ALKAHTANY, S.M.; AL-MADI, E.M. Dentinal microcrack formation after root canal instrumentation by XP-endo Shaper and Protaper Universal: a microcomputed tomography evaluation. **International Journal of Dentistry**, v.20, n.8, p. 1-6, Apr. 2020.
- AMADE, E.S. *et al.* Root dentin strain and temperature rise during endodontic treatment and post rehabilitation. **Brazilian Dental Journal**, v.24, n.6, p. 591-598, Nov./Dec. 2013.
- ARASHIRO, F.N. *et al.* Dentinal microcracks on freshly extracted teeth: the impact of the extraction technique. **International Endodontic Journal**, v.53, n.4, p. 440-446, 2020.
- ARIAS, A. *et al.* Comparison of 2 canal preparation techniques in the induction of microcracks: a pilot study with cadaver mandibles. **Journal of Endodontics**, v.40, n.7, p. 1-4, July 2014.
- ASHWINKUMAR, V. *et al.* Effect of reciprocating file motion on microcrack formation in root canals: an SEM study. **International Endodontic Journal**, v. 47, n. 7, p. 622-627, July 2014.
- AYDIN, U. *et al.* Effect of ethylenediaminetetraacetic acid gel on the incidence of dentinal cracks caused by three novel nickel-titanium systems. **Australian Endodontic Journal**, v.41, n.3, p. 104-110, Dec. 2015.
- AYDIN, Z.U.; KESKIN, N.B.; ÖZYÜREK, T. Effect of Reciproc blue, XP-endo shaper, and WaveOne gold instruments on dentinal microcrack formation: A micro-computed tomographic evaluation. **Microscopy Research and Technique**, v.82, n.6, p. 856-860, June 2019.
- BAYRAM, H.M. *et al.* Effect of Protaper Gold, Self-Adjusting File, and XP-endo Shaper Instruments on Dentinal Microcrack Formation: A Micro-computed Tomographic Study. **Journal of Endodontics**, v.43, n.7, p. 1166-1169, July 2017a.
- BAYRAM, H.M. *et al.* Micro-computed tomographic evaluation of dentinal microcrack formation after using new heat-treated nickel-titanium systems. **Journal of Endodontics**, v.43, n.10, p. 1736-1739, Oct. 2017b.

BONESSIO, N. *et al.* Effect of root canal treatment procedures with a novel rotary nickel titanium instrument (TRUShape) on stress in mandibular molars: a comparative finite element analysis. **Odontology**, v.105, n.1, p. 54-61, Jan. 2017.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Resposta nacional e internacional de enfrentamento ao novo coronavírus**. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2020. Disponível em: <https://coronavirus.saude.gov.br/linha-do-tempo/>. Acesso em: 12 out. 2020.

BRAUN, A. *et al.* Microcrack analysis of dental hard tissue after root canal irradiation with a 970-nm diode laser. **Photomedicine and Laser Surgery**, v.36, n.11, p. 621-628, Nov. 2018.

BURRY, J.C. *et al.* Outcomes of Primary Endodontic Therapy Provided by Endodontic Specialists Compared with Other Providers. **Journal of Endodontics**, v.42, n.5, p. 702-705, May 2016.

CAPAR, I.D. *et al.* Effects of root canal preparation, various filling techniques and retreatment after filling on vertical root fracture and crack formation. **Dental Traumatology**, v.31, n.4, p. 302-307, Aug. 2015.

CEN, R.; WANG, R.; CHEUNG, G.S.P. Periodontal blood flow protects the alveolar bone from thermal injury during thermoplasticized obturation: a finite element analysis study. **Journal of Endodontics**, v.44, n.1, p. 139-244, Jan. 2014.

CHANDRA, Y. Mapping the evolution of entrepreneurship as a field of research (1990-2013): a scientometric analysis. **PLoS One**, v.13, n.1, p. 1-24, e0190228, Jan. 2018.

ÇITAK, M., ÖZYÜREK, T. Effect of different nickel-titanium rotary files on dentinal crack formation during retreatment procedure. **Journal of Dental Research, Dental Clinics, Dental Prospects**, v.11, n.2, p. 90-95, June 2017.

COMITÊ DE MONITORAMENTO DO CORONAVÍRUS. **COMUNICADO: PUC Minas decide adotar Regime Letivo Remoto e suspende aulas presenciais**. Destinatário: Stephanie Quadros Tonelli. [S. l.], 15 mar. 2020. 1 mensagem eletrônica.

CROZETA, B.M. *et al.* A micro-computed tomography assessment of the efficacy of rotary and reciprocating techniques for filling material removal in root canal retreatment. **Clinical Oral Investigation**, v.20, n.8, p. 2235-2240, Jan. 2016.

DE-DEUS, G *et al.* Lack of causal relationship between dentinal microcracks and root canal preparation with reciprocation systems. **Journal of Endodontics**, v.40 n.9, p. 1447-1450, Sept. 2014.

DE-DEUS, G. *et al.* Micro-computed tomographic assessment on the effect of Protaper next and twisted file adaptive systems on dentinal cracks. **Journal of Endodontics**, v.41, n.7, p. 1116-1119, July 2015.

DE-DEUS, G. *et al.* Dentinal microcrack development after canal preparation: a longitudinal in situ micro-computed tomography study using a cadaver model. **Journal of Endodontics**, v.43, n.9, p. 1553-1558, Sept. 2017.

DEL FABBRO, M. *et al.* Endodontic procedures for retreatment of periapical lesions. **Cochrane Database of Systematic Reviews**, v.19, n.10, p. 1-105, Oct. 2016.

EL-ANWAR, M.I. *et al.* Finite Element Study on Continuous Rotating versus Reciprocating Nickel-Titanium Instruments. **Brazilian Dental Journal**, v.27, n.4, p. 436-441, July/Aug. 2016.

ESTRELA, C. *et al.* Common operative procedural errors and clinical factors associated with root canal treatment. **Brazilian Dental Journal**, v.28, n.2, p. 179-190, Jan./Apr. 2017.

FERRAILO, D.M.; VEITZ-KEENAN, A. No clinical quantifiable benefits between non-surgical and surgical endodontic treatment. **Journal of Evidence-Based Dental Practice**, v.18, n.3, p. 75-76, Oct. 2017.

JAMLEH, A. *et al.* Root surface strain during canal shaping and its influence on apical microcrack development: a preliminary investigation. **International Endodontic Journal**, v.48, n.12, p. 1103-1111, Dec. 2015.

KATANEC, T. *et al.* Incidence of dentinal micro cracks during root canal preparation with self adjusting file, reciproc blue, and Protaper next. **Iranian Endodontic Journal**, v.15, n.1, p. 6-11, 2020.

KIM, S. *et al.* Stress analyses of retrograde cavity preparation designs for surgical endodontics in the mesial root of the mandibular molar: a finite element analysis-Part II. **Journal of Endodontics**, v.46, n.4, p. 539-544, Apr. 2020.

LAZARSKI, M.P. *et al.* Epidemiological evaluation of the outcomes of nonsurgical root canal treatment in a large cohort of insured dental patients. **Journal of Endodontics**, v.27, n.12, p. 791-796, Dec. 2001.

MARTINS, M.P. *et al.* Effectiveness of the Protaper Next and Reciproc Systems in Removing Root Canal Filling Material with Sonic or Ultrasonic Irrigation: A Micro-computed Tomographic Study. **Journal of Endodontics**, v.43, n.3, p. 467-471, Jan. 2017.

MONTALVÃO, D. Structural characterization and mechanical FE analysis of conventional and M-Wire Ni-Ti alloys used in endodontic rotary instruments. **The Scientific World Journal**, v.2014, n.20, p. 1-8, Jan. 2014.

MOURA, M.A.; HUELVA, E. **Prorrogação do período de suspensão das atividades presenciais**. Brasília, DF: Universidade de Brasília, 2020. Disponível em: <http://noticias.unb.br/69-informe/4001-prorrogacao-do-periodo-de-suspensao-das-atividades-presenciais>. Acesso em: 12 out. 2020.

NEGRI, F. *et al.* Ciência e Tecnologia frente à pandemia: Como a pesquisa científica e a inovação estão ajudando a combater o novo coronavírus no Brasil e no mundo. **IPEA - Centro de Pesquisa em Ciência, Tecnologia e Sociedade**, Rio de Janeiro, 2020, 27 mar. 2020. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/cts/pt/central-de-conteudo/artigos/artigos/182-corona>. Acesso em: 12 out. 2020.

- NG, Y.L.; MANN, V.; GULABIVALA, K. A prospective study of the factors affecting outcomes of non-surgical root canal treatment: part 2: tooth survival. **International Endodontic Journal**, v.44, n.7, p. 610-625, July 2011.
- OLDHAM, P.; HALL, S.; BURTON, G. Synthetic biology: mapping the scientific landscape. **PLoS One**, v.7, n.4, p. 1-16, e34368, Apr. 2012
- OLIVEIRA, B.P. *et al.* Micro-computed tomographic analysis of apical microcracks before and after root canal preparation by hand, rotary, and reciprocating instruments at different working lengths. **Journal of Endodontics**, v.43, n.7, p. 1143-1147, Apr. 2017.
- PEREIRA, R.D. *et al.* Evaluation of bond strength in single-cone fillings of canals with different cross-sections. **International Endodontic Journal**, v.50, n.2, p. 177-183, Feb. 2017.
- PRADEEPKUMAR, A.R. *et al.* Root canal preparation does not induce dentinal microcracks in vivo. **Journal of Endodontics**, v.45, n.10, p. 1258-1264, Oct. 2019.
- RÖDIG, T. *et al.* Efficacy of the Protaper Retreatment system in removing Thermafil, GuttaCore or vertically compacted gutta-percha from curved root canals assessed by micro-CT. **International Endodontic Journal**, v.51, n.7, p. 808-815, July 2018.
- SACHDEVA, N.; NIKHIL, V.; JHA, P. Effect of ultrasonic root-end cavity preparation on dentinal microcrack formation: A micro-computed tomography study. **Journal of Conservative Dentistry**, v.22, n.4, p. 362-366, July/Aug. 2019.
- SAHA, S.G. *et al.* Evaluation of the incidence of microcracks caused by Mtwo and Protaper Next rotary file systems versus the self-adjusting file: A scanning electron microscopic study. **Journal of Conservative Dentistry**, v.20, n.5, p. 355-359, Sept./Oct. 2017.
- SHAMSZADEH, S.; ASGARY, S.; NOSRAT, A. Regenerative Endodontics: A Scientometric and Bibliometric Analysis. **Journal of Endodontics**, v.45, n.3, p. 272-280, Mar. 2019.
- SILVA, E.J.N.L. *et al.* Effectiveness of XP-endo Finisher and XP-endo Finisher R in removing root filling remnants: a micro-CT study. **International Endodontic Journal**, v.51, n.1, p. 86-91, Jan. 2018.
- SOARES, C.J. *et al.* Influence of root embedment material and periodontal ligament simulation on fracture resistance tests. **Brazilian Oral Research**, v.19, n.1, p. 11-16, 2005.
- SOARES, C.J. *et al.* How biomechanics can affect the endodontic treated teeth and their restorative procedures? **Brazilian Oral Research**, v.32, Suppl.1:e76, p. 169-183, Oct. 2018.
- SOARES, P.V. *et al.* Influence of restorative technique on the biomechanical behavior of endodontically treated maxillary premolars. Part II: strain measurement and stress distribution. **Journal of Prosthetic Dentistry**, v.99, n.2, p. 114-122, Feb. 2008.

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE. **Coronavírus - Ações na linha do tempo**, Niterói, 2020. Disponível em: <http://www.uff.br/?q=coronavirus/timeline>. Acesso em: 12 out. 2020.

VALLE, A.D. *et al.* Influence of root canal preparation on formation of dentinal microcracks: a systematic review. **Brazilian Dental Journal**, v.31, n.3, p. 201-220, June 2020.

YILMAZ. A. *et al.* Evaluation of dentin defect formation during retreatment with hand and rotary instruments: A micro-CT Study. **Scanning**, v.2017, p. 1-7, May 2017.

YOON, H.G. *et al.* 3-D finite element analysis of the effects of post location and loading location on stress distribution in root canals of the mandibular 1st molar. **Journal of Applied Oral Science**, v. 26, p. 1-10, e20160406, Feb. 2018.

ANEXO A – Parecer Consubstanciado do Comitê de Ética em Pesquisa PUC Minas

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE
CATÓLICA DE MINAS GERAIS -
PUCMG

**PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP****DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

Título da Pesquisa: MICROTRINCAS DENTINÁRIAS APÓS PROCEDIMENTOS DE RETRATAMENTO ENDODÔNTICO EM CANAIS RADICULARES ACHATADOS: AVALIAÇÃO POR MICROTOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA

Pesquisador: Stéphanie Quadros Tonelli

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 88504818.6.0000.5137

Instituição Proponente: SOCIEDADE MINEIRA DE CULTURA

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.032.805

Apresentação do Projeto:

O presente estudo trata-se de um projeto de doutorado a ser realizado no Programa de Pós-graduação em Odontologia da PUC Minas e pretende comparar a eficácia de remoção de material obturador e formação de microtrincas após uso de instrumentos mecanizados associados a diferentes métodos complementares, por meio de microtomografia computadorizada (CT). Para isso, 32 dentes incisivos inferiores de cadáveres não reclamados serão pré-selecionados por meio de radiografia digital, aplicando-se os critérios de exclusão. A amostra será então dividida em dois grupos experimentais (n=16), de acordo com o sistema de remoção de material obturador. As imagens de CT em todos os 5 momentos serão selecionadas e avaliadas por examinadores treinados e calibrados para identificar a presença de microtrincas dentinárias.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Geral:

Avaliar, por meio de micro-CT, a eficácia de remoção intracanal de material obturador e a formação de microtrincas dentinárias após uso de instrumentos rotatórios e reciprocantes associados a métodos complementares de limpeza em canais radiculares achatados de dentes de cadáveres.

Objetivos Específicos: -Comparar a eficácia dos sistemas Mtwo R e Reciproc na desobturação de

Endereço: Av. Dom José Gaspar, 500 - Prédio 03, sala 228

Bairro: Coração Eucarístico

CEP: 30.535-901

UF: MG

Município: BELO HORIZONTE

Telefone: (31)3319-4517

Fax: (31)3319-4517

E-mail: cep.propgp@pucminas.br

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE
CATÓLICA DE MINAS GERAIS -
PUCMG**



Continuação do Parecer: 3.032.805

canais radiculares; -Analisar comparativamente a remoção de material obturador residual após uso dos instrumentos XP-Endo Finisher e ClearSonic; -Avaliar comparativamente a formação de microtrincas dentinárias promovida pelos sistemas Mtwo R e Reciproc; - Verificar a ação dos instrumentos XP-Endo Finisher e ClearSonic na formação de microtrincas dentinárias.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos: Não são previstos riscos, uma vez que serão incluídos na pesquisa incisivos inferiores de mandíbulas, provenientes do Banco de Dentes da PUC Minas.

Benefícios: Espera-se verificar o protocolo de retratamento endodôntico mais eficaz na remoção do material obturador em canais achatados e o que causa menor estresse em dentina, minimizando a ocorrência de microtrincas dentinárias.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O estudo não apresenta impedimentos de natureza ética. Os dentes utilizados serão provenientes do Banco de Dentes do Departamento de Odontologia da PUC Minas, conforme documento anexado.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Os termos de apresentação obrigatória foram anexados e estão de acordo com as normas vigentes.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Sem pendências.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BASICAS_DO_PROJETO_1112382.pdf	19/11/2018 16:47:17		Aceito
Declaração de Manuseio Material Biológico / Biorepositório / Biobanco	termo_bdh.pdf	19/11/2018 16:46:53	Stéphanie Quadros Tonelli	Aceito

Endereço: Av. Dom José Gaspar, 500 - Prédio 03, sala 228

Bairro: Coração Eucarístico **CEP:** 30.535-901

UF: MG **Município:** BELO HORIZONTE

Telefone: (31)3319-4517 **Fax:** (31)3319-4517 **E-mail:** cep.propg@pucminas.br

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE
CATÓLICA DE MINAS GERAIS -
PUCMG



Continuação do Parecer: 3.032.805

Projeto Detalhado / Brochura Investigador	microtrincasfinal.pdf	19/11/2018 16:46:39	Stéphanie Quadros Tonelli	Aceito
Folha de Rosto	folharostomicrotrincas.pdf	19/11/2018 16:45:19	Stéphanie Quadros Tonelli	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

BELO HORIZONTE, 22 de Novembro de 2018

Assinado por:
CRISTIANA LEITE CARVALHO
(Coordenador(a))

Endereço: Av. Dom José Gaspar, 500 - Prédio 03, sala 228
Bairro: Coração Eucarístico **CEP:** 30.535-901
UF: MG **Município:** BELO HORIZONTE
Telefone: (31)3319-4517 **Fax:** (31)3319-4517 **E-mail:** cep.proppg@pucminas.br

ANEXO B - Dados Curriculares

Stéphanie Quadros Tonelli

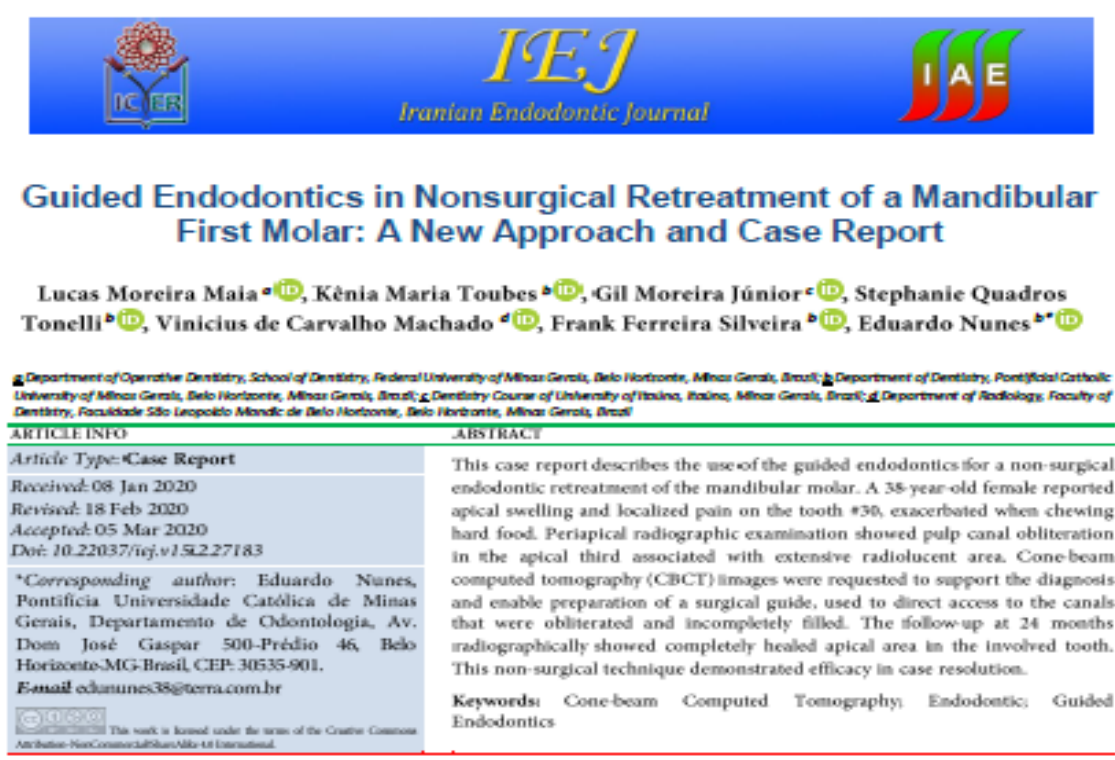
Nascimento	15.04.1991 – Montes Claros, MG
Filiação	Wanini Félix Quadros Tonelli Alberto Abelar Tonelli
2009-2013	Graduação em Odontologia Universidade Estadual de Montes Claros/Unimontes
2014-2016	Residência Multiprofissional em Saúde da Família Hospital Universitário Clemente de Faria – HUCF/ Unimontes
2015-2016	Curso de Especialização <i>Stricto Sensu a nível de mestrado</i> em Clínicas Odontológicas, com ênfase em Endodontia PUC Minas
2016-2018	Preceptora e Tutora da Residência Multiprofissional em Saúde da Família – Salinas, MG
2017-2019	Curso de Especialização em Endodontia Associação Brasileira de Odontologia – ABO/MOC
2017-2019	Professora da Disciplina de Endodontia Faculdades Verte Norte/FAVENORTE - Mato Verde, MG
2019-Atual	Professora da Disciplina de Endodontia Centro Universitário UNIFIPMoc Montes Claros, MG
2018-Atual	Curso de Doutorado em Odontologia PUC Minas

ANEXO C - Produção intelectual do aluno durante o Curso de Doutorado

A. PRODUÇÃO BIBLIOGRÁFICA

➤ Artigos completos publicados

1. MAIA, L. M.; TOUBES, K. M.; MOREIRA JUNIOR, G.; TONELLI, S.Q.; MACHADO, V. C.; SILVEIRA, F. F.; NUNES, E. Guided endodontics in non-surgical retreatment: new approach and case report in mandibular molar. *Iranian Endodontic Journal*, v.15, p. 106 - 111, 2020. (Qualis A2)



Introduction

The success of endodontic treatment is measured by the tooth being clinically symptomless as well as the prevention or treatment of periapical pathologies. These biological objectives are achieved when the entire root canal system (RCS) is cleaned and disinfected with endodontic instruments and irrigation solutions, procedures that enable hermetic sealing of the RCS [1, 2].

Teeth with pulp canal obliterations (PCO) could be a challenge, especially because of the difficulties in locating and negotiating them to full working length, making the predictability of treatment outcomes uncertain even for experienced professionals [1, 3, 4]. PCO is characterized by progressive deposition of mineralized tissue in the root canal space, but the underlying mechanisms of PCO are unclear,

and may be due to injury to the neurovascular supply of the pulp from dental trauma, carious lesions, abfraction, abrasion, pulp capping, occlusal imbalance, orthodontic treatment, harmful oral habits and individual aging [4, 5]. In some situations, the presence of incompletely filled teeth is observed in the day-to-day clinic, with the absence of a periapical pathological process and extremely tightened canals. This is certainly explained by the presence of a pulp remnant left in the root space, which, in the absence of infection, responds in a beneficial manner, with pulp obliteration [4, 5].

The occurrence of PCO increases the risks of iatrogenic errors such as excessive destruction of dental structures, perforation, glide path deviation and inadequate cleaning, shaping and obturation, leading to treatment failure [4, 5]. This failure can cause persistence of painful symptomatology

2. TONELLI, S.Q.; SOARES, J.; NUNES, E.; HELENO, J. F.; CARVALHO, M.; SILVEIRA, F. F. Use of EDTA improves the quality of root canal filling in artificial lateral canals. *American Journal of Materials Science*, v.10, p.9 - 14, 2020. (Qualis B3)

American Journal of Materials Science 2020, 10(1): 9-14
DOI: 10.59235/ajmaterials.20201001.02

Use of EDTA Improves the Quality of Root Canal Filling in Artificial Lateral Canals

Stephanie Quadros Tonelli¹, Janir Alves Soares², Eduardo Nunes¹, Juliana Francisca Grossi Heleno¹,
Marcelo Garcia de Carvalho¹, Frank Ferreira Silveira^{1,2,*}

¹Department of Dentistry, Pontifical Catholic University of Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil

²Department of Dentistry, Federal University of Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, MG, Brazil

³Department of Dentistry, University of Itaboraí, Itaboraí, MG, Brazil

Abstract This study aimed to evaluate the influence of $\text{Ca}(\text{OH})_2$ intracanal and irrigation protocol on posterior filling in artificial lateral root canal. Thirty unradicular extracted human teeth were selected and amplified apically to #45 K file under abundant irrigation with 5.25% NaOCl. NiTi K3 15.02 was used to construct artificial lateral canals on each third of the proximal surfaces ($n=180$). The root canals of group A ($n=60$) were filled with gutta-percha and Pulp Canal Sealer by the technique of System B + Obtura II. In group B ($n=60$), before filling, calcium hydroxide intracanal was applied over a period of seven days, and posterior removed with apical file # 45 and the patented file # 15, with smooth rotary movements, aided by 10mL 5.25% NaOCl at 5-minute intervals. In group C ($n=60$), procedures were similar to those in group B, except irrigation was performed with 5.25% NaOCl, alternating with 3mL of 17% EDTA, with subsequent filling and evaluation by using digital imaging system. The percentage of completely filled simulated root canals in groups A, B and C was 83.3%, 43.3% and 80.0%, respectively. Regardless of the root segment, a similar filling was obtained in groups A and C ($p > 0.05$), which were statistically superior to group B ($p < 0.05$). Intracanal calcium hydroxide interfered negatively in artificial lateral root canal filling. However, this drawback was completely reversed by the association of irrigators with a main apical rotatory endodontic file.

Keywords Calcium hydroxide, EDTA, Root Canal Filling, Root Canal Irrigants

1. Introduction

The complex anatomy of root canal system, including curvatures, atresia and many other ramifications, such as lateral canals presents challenge to endodontic treatment. Ramifications present a high occurrence in all dental groups and are more common in apical thirds [1-4]. To ensure successful endodontic treatment, this link between endodontics and periodontics need to be cleaned, disinfected, as well filled [3,4]. The incapacity of mechanical archives to access these areas, makes imperative the use of irrigation solution and dressing intracanal before hermetic filling of these sites [4,5].

Calcium hydroxide - $\text{Ca}(\text{OH})_2$ - is still the dressing intracanal more commonly recommended, because its potential of disinfecting the dentinal tubule system [4]. Satisfactory clinical, radiographic, microbiological and

histopathological results have been obtained in periods ranging from one week to several months [3,5-7]. Nonetheless, Goldberg et al. [8] reported a negative influence on simulated lateral root canal fillings. Indicating that $\text{Ca}(\text{OH})_2$ must be completely removed from the root canal walls to allow a satisfactory root canal filling. In addition, another problem with intracanal calcium hydroxide impregnation is that it can affect the accuracy and precision of apical locators [9].

In this sense, cleaning strategies should be employed to maximize the removal of $\text{Ca}(\text{OH})_2$ intracanal [4,5]. Furthermore, to ensure adequate obturation, the thermoplastic gutta-percha has been reported as a technique capable of better perspectives regarding the complete and three-dimensional filling of the entire root canal system [4,5,10,11].

Understanding the importance of dressing in diverse clinical-pathological situations and the necessity of fillings in the ramifications of the radicular root canal system, the present study aims to verify whether or not the irrigation regime for the removal of $\text{Ca}(\text{OH})_2$ is capable of influencing the posterior filling of the simulated lateral root canal.

* Corresponding author:

frankf@ufop.edu.br (Frank Ferreira Silveira)

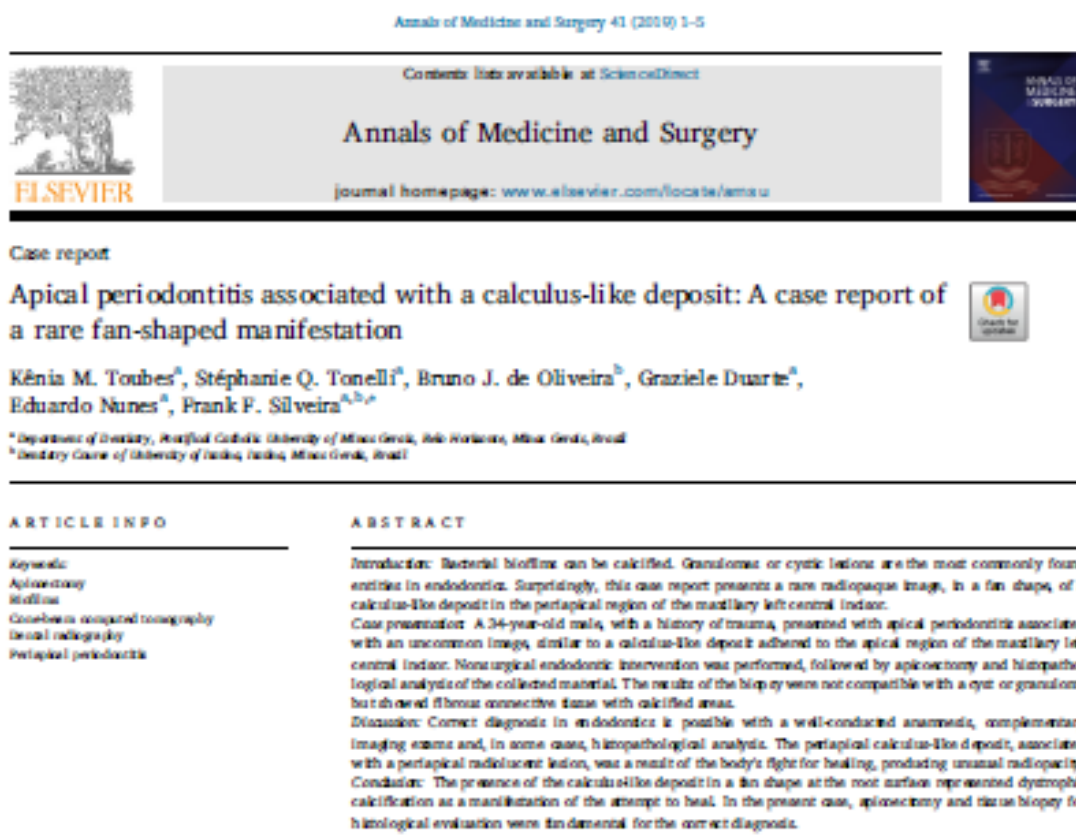
Published online at <http://journal.scapub.org/materials>

Copyright © 2020 The Author(s). Published by Scientific & Academic Publishing

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International

License (CC BY). <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

3. TOUBES, K. M.; TONELLI, S.Q.; OLIVEIRA, B. J.; DUARTE, G.; NUNES, E.; SILVEIRA, F. F. Apical periodontitis associated with a calculus-like deposit: A case report of a rare fan-shaped manifestation. *Annals of Medicine and Surgery*, v. 41, p. 1-5, 2019. (Qualis A4)



1. Introduction

Periapical lesions are the outcome of an inflammatory reaction to an infection or traumatic injuries inside the root canal system, leading to a reduced mineral density of the affected periapical bone [1–4]. These necropsies are usually identified as radiolucent areas on radiographic images [2]. However, the immune system has several ways to attempt to repair these lesions, varying according to the degree and duration of the injury and the quality of the immune system [1–4].

Several studies have demonstrated the formation of a biofilm from bacterial invasion in the extra-radicular area, adjacent to the cementum around the root apex [3,5–9]. Bacterial biofilms can be calcified, as the calculus name suggests [5,9]. The bacterial ability to form biofilm communities is relevant to therapeutic endodontics [6] and have been associated with apical periodontitis [2,4–8].

Historically, clinical examination data associated with the radiographic presentation were central to the diagnosis of apical periodontitis [10–14]. Nevertheless, the final diagnosis of these alterations can only be confirmed through histopathological analysis. In this

ABSTRACT

Introduction: Bacterial biofilms can be calcified. Granulomas or cystic lesions are the most commonly found entities in endodontics. Surprisingly, this case report presents a rare radiopaque image, in a fan shape, of a calculus-like deposit in the periapical region of the maxillary left central incisor.

Case presentation: A 34-year-old male, with a history of trauma, presented with apical periodontitis associated with an uncommon image, similar to a calculus-like deposit adhered to the apical region of the maxillary left central incisor. Nonsurgical endodontic intervention was performed, followed by apicoectomy and histopathological analysis of the collected material. The results of the biopsy were not compatible with a cyst or granuloma but showed fibrous connective tissue with calcified areas.

Discussion: Correct diagnosis in endodontics is possible with a well-conducted anamnesis, complementary imaging exams and, in some cases, histopathological analysis. The periapical calculus-like deposit, associated with a periapical radiolucent lesion, was a result of the body's fight for healing, producing unusual radiopacity. **Conclusion:** The presence of the calculus-like deposit in a fan shape at the root surface represented dystrophic calcification as a manifestation of the attempt to heal. In the present case, apicoectomy and tissue biopsy for histological evaluation were fundamental for the correct diagnosis.

context, a tissue collection is exclusively obtained through surgical intervention [13–17], considered a viable therapeutic alternative in endodontics.

The aim of the present study was to report a case of apical periodontitis associated with an unusual, fan-shaped, radiopaque image of the periapical region of the maxillary left central incisor in a 34-year-old male. This curious endodontic calculus-like deposit resulted from an intense inflammatory response, leading to the formation of granulation tissue with calcified areas, which demonstrates the attempt of the organism to repair itself [6,9].

2. Case presentation

In accordance with the principles laid down in the Declaration of Helsinki, this case report integrates a project research previously approved by Ethics Committee (CAAE: 01958018.4.0000.5137). This work is reported in line with the SCARE criteria [11].

A Brazilian patient (WAM, 34 years old, male, phedarm) reported to the endodontic clinic of our institute, complaining about the

*Corresponding author. Avenida Dom João Gaspar 500, Prédio 46, Coração Eucarístico, Belo Horizonte, Minas Gerais, 30535610, Brazil.
E-mail address: frankf@uol.com.br (F.F. Silveira).

<https://doi.org/10.1016/j.amsu.2019.03.003>

Received 7 December 2018; Received in revised form 4 March 2019; Accepted 5 March 2019

2049-0801/ © 2019 The Authors. Published by Elsevier Ltd on behalf of US Publishing Group Ltd. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

4. COSTA, B. E.; LIMA, G. M.; 1. TONELLI, S.Q.; NUNES, E.; SILVEIRA, F. F. Incidence and quality of root canal fillings in undergraduate dental students. RGO. REVISTA GAÚCHA DE ODONTOLOGIA (ONLINE), v. 67, p. 1-6, 2019. (Qualis B4)

<https://doi.org/10.1590/1981-863720190005720180088>

| ORIGINAL

Incidence and quality of root canal fillings in undergraduate dental students

Incidência e qualidade de obturações de canais radiculares em estudantes de graduação em Odontologia

Beethoven Estevão COSTA¹  0000-0002-4274-2832

Giovanna Morais de LIMA¹  0000-0001-5080-7505

Stephanie Quadros TONELLI²  0000-0002-4571-0088

Eduardo NUNES²  0000-0002-9508-3640

Frank Ferreira SILVEIRA^{1,2}  0000-0002-4298-0540

ABSTRACT

Objective: The purpose of this study was to evaluate the incidence of endodontic treatment and the quality of root canal fillings in Brazilian undergraduate dental students. The study was similar those conducted 10, 20, 30, and 40 years earlier. **Methods:** A total of 407 undergraduate dental students were evaluated by using questionnaires to identify endodontic treatments, with each treatment being radiographed for the analysis of the presence of a periapical radiolucency and the quality of the root canal filling. **Results:** Forty root canal fillings were found: 32 (80%) completely filled, seven (17.5%) incompletely filled, and one (2.5%) overfilled. **Conclusion:** This study showed a low prevalence of endodontic treatment in dentistry students, and the evaluated root canals that were filled were high quality, with few cases suggesting periapical lesions.

Indexing terms: Dental students. Endodontics. Endodontic treatment. Root canal filling. Radiography.

RESUMO

Objetivo: O objetivo deste estudo foi avaliar a incidência do tratamento endodôntico e a qualidade das obturações de canais radiculares numa população de estudantes de odontologia brasileiros. O estudo foi semelhante a estudos prévios realizados há 10, 20, 30 e 40 anos. **Métodos:** Um total de 407 estudantes de odontologia foi avaliado por meio de questionários para identificação de tratamentos endodônticos, sendo cada tratamento radiografado para a análise da presença de radiolucência periapical e a qualidade da obturação endodôntica. **Resultados:** Foram encontrados 40 canais radiculares obturados, sendo 32 (80%) com adequada obturação, sete (17,5%) com subobturação e um (2,5%) sobreobturado. **Conclusão:** Este estudo mostrou uma baixa prevalência de tratamento endodôntico em estudantes de odontologia, e os tratamentos avaliados apresentaram alta qualidade, com poucos casos sugerindo lesões periapicais.

Termos de Indexação: Estudantes de Odontologia. Endodontia. Obturação do canal radicular. Radiografia. Tratamento endodôntico.

¹ Universidade de Itaúna, Faculdade de Odontologia, Itaúna, MG, Brasil.

² Pontifícia Universidade Católica de Minas, Departamento de Odontologia, Av. Dom José Gaspar, 500, prédio 46, 30535610, Coração Eucarístico, Belo Horizonte, MG, Brasil. Correspondência para / Correspondence to: FF SILVEIRA. E-mail: <frankfou@uol.com.br>.

How to cite this article

Costa BE, Lima GM, Tonelli SQ, Nunes E, Silveira FF. Incidência e qualidade de obturações de canais radiculares em estudantes de graduação em Odontologia. RGO, Rev Gaúch Odontol. 2019;67:e20190057. <http://dx.doi.org/10.1590/1981-863720190005720180088>



5. SOUZA, P. O.; 1. TONELLI, S.Q.; LIMA, M. S. F. F.; SA, P. P. A.; ALMEIDA, C. K. M.; NUNES, E.; SILVEIRA, F. F. Abordagem clínico-radiográfica de dentes tratados endodonticamente: status periapical e sua correlação com a qualidade das restaurações coronárias e obturação do sistema de canais radiculares. Revista Norte Mineira de Enfermagem - RENOME, v. 8, p. 77-83, 2020. (Qualis A4)

REVISTA NORTE MINEIRA
DE ENFERMAGEM

ISSN: 2317-3092

Como citar este artigo

Souza PO, Tonelli SQ, Lima MSFF, Sá PPA, Almeida CKM, Nunes E, Silveira FF. Abordagem clínico-radiográfica de dentes tratados endodonticamente: status periapical e qualidade das obturações e restaurações coronárias. Rev Norte Mineira de enferm. 2019; 8(1):77-83.



Autor correspondente

Frank Ferreira Silveira,
PUC Minas, Belo Horizonte, MG, BR
frankfoul@uol.com

ARTIGO ORIGINAL

ABORDAGEM CLÍNICO-RADIOGRÁFICA DE DENTES TRATADOS ENDODONTICAMENTE: STATUS PERIAPICAL E QUALIDADE DAS OBTURAÇÕES E RESTAURAÇÕES CORONÁRIAS

Clinical-radiographic approach of endodontically treated teeth: periapical status and quality of coronary fillings and restorations

Patrícia Oliveira de Souza¹, Stéphanie Quadros Tonelli², Michel Sena Fernandes Faria Lima², Pedro Paulo Alves Sá², Camila Karen de Melo Almeida¹, Eduardo Nunes², Frank Ferreira Silveira^{1,2}

¹ Curso de Graduação em Odontologia, Universidade de Itaúna, Minas Gerais, Brasil.

² Departamento de Odontologia, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

Resumo: O objetivo deste estudo foi avaliar a qualidade radiográfica de tratamentos endodônticos e correlacionar com o status periapical e adequação da restauração coronária. **Métodos:** Cento e quarenta e três dentes tratados endodonticamente foram avaliados clínica e radiograficamente e agrupados de acordo com a qualidade da obturação (adequada e inadequada) e restauração coronária (adequada e inadequada). O status periapical radiográfico foi considerado como sucesso (ausência de lesão periapical) e insucesso (área radiolúcida periapical); e clínico como adequado (ausência de sinais e sintomas) e inadequado (presença de sinais ou sintomas). **Resultados:** Setenta e um dentes apresentaram tratamento endodôntico adequado e obtiveram maior sucesso periapical (n=63); dos 72 inadequados, apenas 19 apresentaram sucesso (p>0,05). As taxas de sucesso foram de 97,5%, para obturação e restauração adequadas e de 17,07% para ambas inadequadas. **Conclusão:** A qualidade da obturação endodôntica influenciou no sucesso do tratamento. No entanto, a restauração coronária também foi importante para a saúde periapical.

Descritores: Endodontia. Obturação do Canal Radicular. Periodontite Periapical. Radiografia Dentária. Restauração Dentária Permanente.

Abstract: The aim of this study was to evaluate the radiographic quality of endodontic treatments and to correlate with periapical status and capability of coronary restoration. **Methods:** One hundred and forty-three endodontically treated teeth were clinically and radiographically evaluated and grouped



6. TONELLI, S.Q.; PEREIRA, R.D; BRITO-JÚNIOR, M.; SILVEIRA, F.F. Apicificação em dente desvitalizado com rizogênese incompleta, associando hidróxido de cálcio e agregado trióxido mineral: relato de caso. *Dental Press Endodontics*, v. 9, p. 89-93, 2019. (Qualis B4)

caso clínico

Apicificação em dente desvitalizado com rizogênese incompleta, associando hidróxido de cálcio e agregado trióxido mineral: relato de caso

Stéphanie Quadros **TONELLI**¹

Rodrigo Dantas **PEREIRA**²

Mancel **BRITO-JÚNIOR**²

Frank Ferreira **SILVEIRA**¹

DOI: <https://doi.org/10.14436/2258-2545.9.3.089-093>

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi descrever o manejo de um caso clínico de dente com rizogênese incompleta e necrose pulpar, em um paciente do sexo masculino, 13 anos de idade, com histórico de traumatismo dentário nos incisivos centrais superiores. Após diagnóstico clínico e radiográfico, com confirmação de necrose pulpar, os dentes foram submetidos ao procedimento de apicogênese com hidróxido de cálcio e posterior apicificação com

agregado trióxido mineral (MTA) e obturação dos canais radiculares com guta-percha. Após acompanhamento de 20 meses, observou-se supressão da sintomatologia dolorosa, ausência de comprometimento periodontal e, radiograficamente, redução da lesão periapical. Aos 60 meses, foi observada manutenção da saúde periodontal e completa cicatrização da lesão periapical.

Palavras-chave: Endodontia. Materiais biocompatíveis. Obturação do canal radicular. Tratamento do canal radicular.

Como citar: Tonelli SQ, Pereira RD, Brito-Júnior M, Silveira FF. Apicification in non-vital teeth with incomplete root formation associating calcium hydroxide and mineral trioxide aggregate: a case report. *Dental Press Endod*. 2019 Sept-Dec;9(3):89-93. DOI: <https://doi.org/10.14436/2258-2545.9.3.089-093>

¹ Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Departamento de Odontologia (São Horizonte/MG, Brasil).

² Faculdade Unides do Norte de Minas, Departamento de Odontologia (Monte Carmo/MG, Brasil).

³ Universidade Estadual de Montes Claros, Departamento de Odontologia (Montes Claros/MG, Brasil).

* Os autores declaram não ter interesses associados, comerciais, de propriedade ou financeiros, que representem conflito de interesse, nos produtos e companhias descritos nesse artigo.

* O(s) paciente(s) que aparece(m) no presente artigo autorizou(aram) previamente a publicação de suas fotografias faciais e intraorais, e/ou radiográficas.

Recebido: 24/05/2018. Aceito: 21/09/2018.

Endereço para correspondência: Stéphanie Quadros Tonelli
Rua Pedro Monte Carmo, 56 – Centro, Montes Claros/MG
E-mail: stephanie_tonelli@hotmail.com

➤ Artigos aceitos para publicação

1. NUNES, E.; DUARTE, G.; TONELLI, S.Q.; SOARES, J.; SILVEIRA, F. F. Dilaceração radicular incomum em incisivo central inferior permanente após trauma ao predecessor decíduo: relato de caso de tratamento endodôntico. Dental Press Endodontics, 2020. (Qualis B4)

ENDODONTICS

Ilmo(a) Sr.(a) Prof(a), Dr(a) Eduardo Nunes

Número do artigo: 186

Categoria:

Informamos que o artigo **Dilaceração radicular incomum em incisivo central inferior permanente após trauma ao predecessor decíduo: relato de caso de tratamento endodôntico**, encaminhado ao Corpo Científico recebeu parecer favorável para publicação na Dental Press Endodontics em espaço e data a serem definidos.

Agradecemos pela escolha de nossa editora para o envio de seu trabalho, ressaltando que nos sentiremos honrados em receber outros artigos para futuras publicações.

Dear Dr. Nunes the paper was accepted for publication in the Dental press Endodontics. Thanks for consider the Dental Press Endodontics in your submission.

2. TONELLI, S.Q.; SOUSA-NETO, M.D.; LEONI, G.B.; BRITO-JÚNIOR, M.; PEREIRA, R.D.; OLIVEIRA, P.A.X.; NUNES, E. SILVEIRA, F.F. Micro-CT evaluation of the maxillary first molars: distance interorifices and internal anatomy of the MB root. Brazilian Oral Research, 2020. (Qualis A2)

Decision Letter (BOR-2020-0468.R1)

From: smpaiva@uol.com.br

To: stephanie_tonelli@hotmail.com, stephaniequadrostonelli@gmail.com

CC:

Subject: Brazilian Oral Research - Decision on Manuscript ID BOR-2020-0468.R1

Body: 25-Nov-2020

Dear Ms. Tonelli:

It is a pleasure to accept your manuscript entitled "Micro-CT evaluation of the maxillary first molars: distance interorifices and internal anatomy of the MB root" in its current form for publication in the Brazilian Oral Research. The comments of the reviewer(s) who reviewed your manuscript are included at the foot of this letter.

Thank you for your fine contribution. On behalf of the Editors of the Brazilian Oral Research, we look forward to your continued contributions to the Journal.

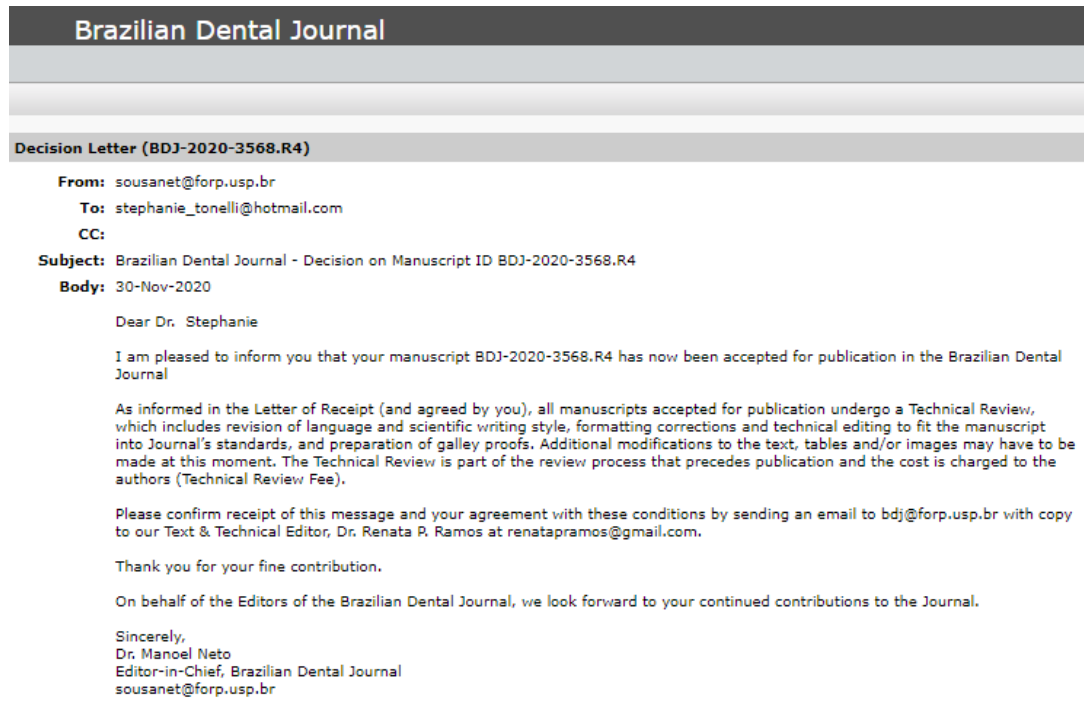
Sincerely,
Dr. Saul Paiva
Editor-in-Chief, Brazilian Oral Research
smpaiva@uol.com.br

Associate Editor Comments to Author:

Associate Editor
Comments to the Author:
(There are no comments.)

Date Sent: 25-Nov-2020

3. TOUBES, K. M.; TONELLI, S.Q.; THOMPSON, A. C. T.; GIRELLI, C. F. M.; AZEVEDO, C. G. S.; NUNES, E.; SILVEIRA, F.F. Bio-C Repair - a new bioceramic material for root perforation management: two case reports. Brazilian Dental Journal, 2020. (Qualis A2)



➤ **Artigos submetidos em periódicos**

1. TOUBES, K. M.; TONELLI, S.Q.; GIRELLI, C. F. M.; VILLORIA, E.M.; CARNEIRO, L.O.B.; SILVEIRA, F. F. Two and three-dimensional long-term CBCT follow-up in traumatized teeth using ITK- SNAP software: A Case Report. Iranian Endodontic Journal, 2021. (Qualis A2)
2. SOARES, P.M.C.; MORGAN, L.F.; TONELLI, S.Q.; LIMEIRA, F.I.R.; SERAIDARIAN, P.I.; ALBUQUERQUE, R.C.; BRUZINGA, F.F.B.; SILVEIRA, F. F. Effect of different resin cements on the bond strength of custom-made reinforced glass fiber posts. Journal of Contemporary Dental Practice, 2021. (Qualis B2)
3. OLIVEIRA, P.A.X.; TONELLI, S.Q.; MANZI, F.; HORTA, M.R.; NUNES, E. SILVEIRA, F.F. Accuracy of different methods to MB2 canal detection in maxillary molars: *Ex vivo* Analysis. Clinical and Experimental Dental Research, 2021 (Qualis B3)

➤ **Capítulo de livro publicado**

1. BRITO-JÚNIOR, M.; TONELLI, S. Q.; NUNES, E.; SILVEIRA, F. F. Técnicas de Termoplastificação da Guta-Percha. In: Endodontia: Biologia e Técnica. Rio de Janeiro, RJ: Grupo Editorial Nacional S.A. Guanabara Koogan Ltda. 5.ed. 2020. p. 558-571.

Técnicas de Termoplastificação da Guta-Percha

Manoel Brito-Júnior | Stéphanie Q. Tonelli | Eduardo Nunes | Frank F. Silveira

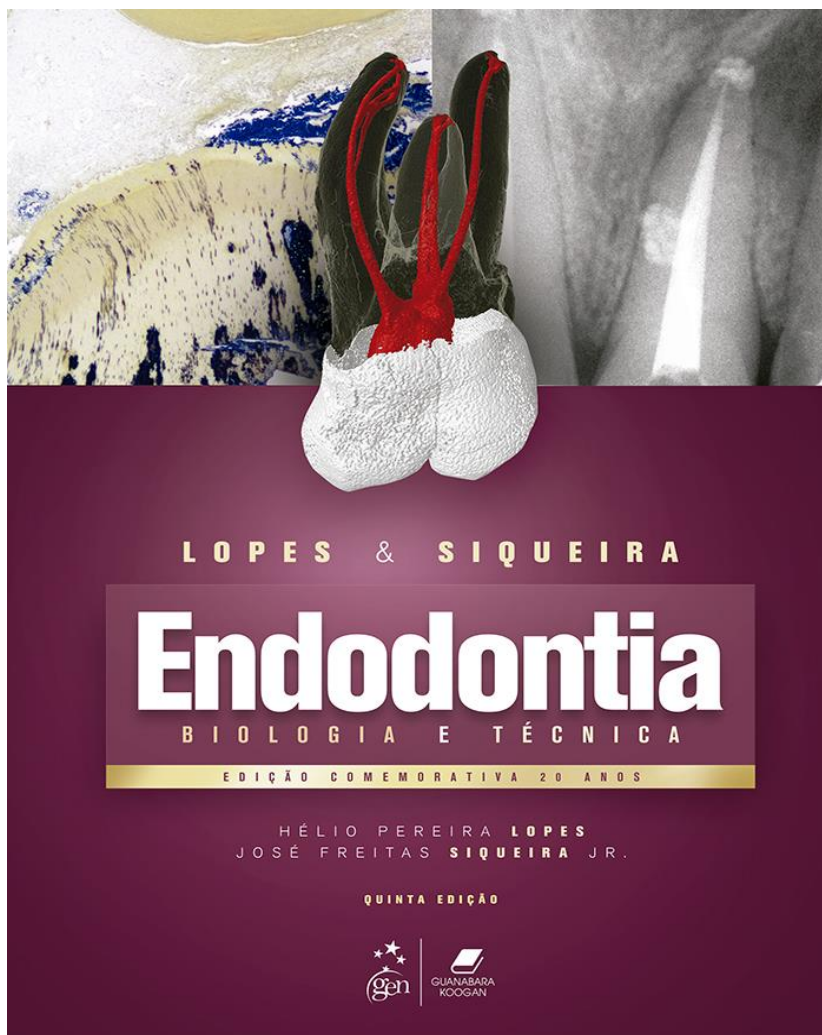
Seção

16.3

Embora se reconheça que a técnica da compactação lateral alcance resultados satisfatórios durante a etapa da obturação, há dúvidas se o preenchimento do sistema de canais radiculares (SCR) seja realmente efetivo.¹ A complexa morfologia do SCR, como exemplificado na Figura 16.68, incluindo anastomoses, canais acessórios, istmos e forames múltiplos dificultam, sobremaneira, um selamento apical compacto e tridimensional.²



Figura 16.68 Imagem 3D, obtida por meio de microtomografia computadorizada, da anatomia interna de raiz mesiovestibular de primeiro molar superior.



➤ **Capítulo de livro escrito para publicação**

1. SOARES-DE-TOUBES, K. M.; MOREIRA-JÚNIOR, G.; MAIA, L. M.; TONELLI, S. Q.; SILVEIRA, Frank Ferreira OBLITERAÇÃO DO CANAL RADICULAR: uma abordagem clínica. In: Endodontia- Princípios Biológicos e Técnicos. Rio de Janeiro, RJ: Grupo Editorial Nacional S.A. Guanabara Koogan Ltda.

➤ **Resumos publicados em anais de eventos**

1. TONELLI, S.Q.; TOUBES, K. M.; OLIVEIRA, B. J.; DUARTE, G.; NUNES, E.; SILVEIRA, F. F. PERIODONTITE APICAL PERSISTENTE ASSOCIADA A DEPÓSITO SIMILAR A CÁLCULO PERIAPICAL: UMA MANIFESTAÇÃO RARA In: Jornada Mineira de Estomatologia XXIV JOME, 2018, Montes Claros. Revista Intercâmbio. Montes Claros: Pró-Reitora de Extensão Universidade Estadual de Montes Claros, v. 12. p. 22, 2018.

2. THOMPSON, A. C. T.; COSTA, B. E.; LIMA, G. M.; TONELLI, S.Q.; NUNES, E.; SILVEIRA, F. F. INCIDÊNCIA E QUALIDADE DO TRATAMENTO ENDODÔNTICO EM ESTUDANTES UNIVERSITÁRIOS DE ODONTOLOGIA. In: 36ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Pesquisa Odontológica, 2019, Campinas. Anais – Brazilian Oral Research, v. 33, Suplemento 2, p. 392, 2019.

3. LIMA, M. S.; SOUZA, P. O.; TONELLI, S.Q.; NUNES, E.; SILVEIRA, F. F. AVALIAÇÃO DE DENTES TRATADOS ENDODONTICAMENTE: STATUS PERIAPICAL E CORRELAÇÃO COM FATORES CLÍNICOS E RADIOGRÁFICOS In: 36ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Pesquisa Odontológica, 2019, Campinas. Anais - Brazilian Oral Research, v. 33, Suplemento 2, p. 118, 2019.

4. TONELLI, S.Q.; LEONI, G. B.; BRITO-JÚNIOR, M.; NUNES, E.; SOUSA-NETO, M. D.; SILVEIRA, F. F. CARACTERIZAÇÃO DE ISTMOS NA RAIZ MÉLIO-VESTIBULAR DE PRIMEIROS MOLARES SUPERIORES: AVALIAÇÃO MICROTOMOGRÁFICA In: 36ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Pesquisa Odontológica, 2019, Campinas. Anais - Brazilian Oral Research, v. 33, Suplemento 2, p. 341, 2019.

5. SÁ, P.P.A.; LIMA, M.S.; TONELLI, S.Q.; BRUZINGA, F.F.B.; NUNES, E.; SILVEIRA, F.F. Avaliação de dentes tratados endodonticamente: status periapical e correlação com qualidade radiográfica da obturação. In: 37ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Pesquisa Odontológica, 2020, Campinas. Anais - Brazilian Oral Research, v. 34, Suplemento 2, p. 190, 2020.

➤ **Apresentação de Trabalhos**

1. TONELLI, S.Q.; TOUBES, K. M.; OLIVEIRA, B. J.; DUARTE, G.; NUNES, E.; SILVEIRA, F. Jornada Mineira de Estomatologia XXV JOME, 2018. (Congresso). PERIODONTITE APICAL PERSISTENTE ASSOCIADA A DEPÓSITO SIMILAR A CÁLCULO PERIAPICAL: UMA MANIFESTAÇÃO RARA foi apresentado na modalidade Oral.

2. TONELLI, S.Q.; LEONI, G. B.; BRITO-JÚNIOR, M.; NUNES, E.; SOUSA-NETO, M. D.; SILVEIRA, F. F. Apresentação de Poster / Paineis no(a) 36º Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Pesquisa Odontológica, 2019. (Congresso). CARACTERIZAÇÃO DE ISTMOS NA RAIZ MÉSIO-VESTIBULAR DE PRIMEIROS MOLARES SUPERIORES: AVALIAÇÃO MICROTOMOGRÁFICA foi apresentado na modalidade Painel Aspirante.

3. DE SÁ, P.P.A.; LIMA, M.S.F.F.; TONELLI, S.Q.; BRUZINGA, F.F.B.; NUNES, E.; SILVEIRA, F.F. Apresentação de Poster / Paineis no(a) 37º Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Pesquisa Odontológica, 2020. (Congresso). AVALIAÇÃO DE DENTES TRATADOS ENDODONTICAMENTE: STATUS PERIAPICAL E CORRELAÇÃO COM QUALIDADE RADIOGRÁFICA DA OBTURAÇÃO foi apresentado na modalidade Painel Iniciante.

➤ Participação em Banca avaliadora

1. Avaliadora na 21ª Jornada Odontológica e o 9º Encontro de Pesquisa do Departamento de Odontologia, 2019. (Congresso)



➤ Aula ministrada em curso de especialização

1. TONELLI, S.Q. Contra Ângulos Oscilatórios em Endodontia, 2018.



➤ **Aulas ministradas em eventos científicos**

1. Dental Learn Channel - Pesquisa científica na odontologia: dos projetos à publicação, 2020.



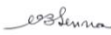


UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA
CENTRO DE EXTENSÃO

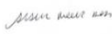
CERTIFICADO

Certificamos que a **PROFA. STÉPHANIE QUADROS TONELLI** ministrou aula no **Projeto de Extensão Tv Dental News**, coordenado pelo Prof. Rodrigo Richard da Silveira, sobre o tema: *Pesquisa científica na Odontologia: dos projetos à publicação*, realizada no dia 22 de julho de 2020, carga horária total de 1 hora e 30 minutos.

Belo Horizonte, 26 de novembro de 2020.



PROFA. MARIA INÊS BARREIROS SENNA
Coordenadora do CENEX FAO/UFMG



PROF. ALLYSON NOGUEIRA MOREIRA
Diretor da Faculdade de Odontologia da UFMG

Certificado registrado sob o nº 4104, Pág 44-V - Livro 10



Documento assinado eletronicamente por **Isabel Cristina da Silva Venceslau, Secretário(a)**, em 26/11/2020, às 15:50, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador 0439573 e o código CRC 0FEB22C9.

Referência: Processo nº 23072.211667/2020-40

SEI nº 0439573

2. Liga de Urgências e Emergências e Liga de Endodontia da Favenorte – Urgências em Endodontia, 2020.



AO VIVO

Às 17:00 Horas

Dia: 10/06/20

Urgências em endodontia

Prof. Stéphanie Tonelli

Doutoranda em Odontologia pela PUC Minas
Mestre em Clínicas Odontológicas com ênfase em Endodontia pela PUC Minas
Especialista em Endodontia pela ABO/Regional Montes Claros.
Especialista na modalidade residência em Saúde da Família pelo Hospital
Universitário Clemente de Faria/Unimontes
Graduada em Odontologia pela Unimontes
Professora universitária.

3. Mesa redonda: " Tratamentos minimamente invasivos: evidências e perspectivas" no 1º Encontro Mineiro de Administradores e Profissionais dos Serviços Odontológicos, 2020.



ANEXO D - Resgate histórico: o impacto da pandemia do novo coronavírus (COVID-19) na produção científica

Coronavírus é uma família de vírus que causam infecções respiratórias. O novo agente do coronavírus (nCoV-2019) foi descoberto em 31/12/19 após casos registrados na China (BRASIL, 2020). A pandemia do novo coronavírus (Covid-19) determinou impactos significativos e ainda não totalmente dimensionados para a sociedade e para os indivíduos. Apesar de epidemias semelhantes terem ocorrido, devido à intensa globalização, integração entre pessoas e países, trata-se de um evento inédito na história e de grandes proporções (NEGRI *et al.*, 2020).

Por se tratar de uma nova doença e de uma situação inesperada, há uma carência de informação e conhecimento acerca das condições de risco, taxas de mortalidade, potencial de transmissão, imunização, tratamento, além das sequelas no organismo dos indivíduos já infectados (NEGRI *et al.*, 2020). Neste sentido, o objetivo desta contextualização é explicar o impacto da referida pandemia na produção científica, com base nos dados oficiais históricos e atuais que se tem sobre a doença.

Segundo a Linha do Tempo oficial, divulgada pelo Ministério da Saúde (BRASIL, 2020), em dezembro de 2019, os primeiros casos da doença no mundo foram notificados no hospital de Wuhan/China em pacientes com suspeita de pneumonia. Em 8 de dezembro, os próprios chineses identificaram o código genético do vírus. No entanto, somente no dia 29 do mesmo mês, a OMS foi notificada com um “cluster de casos de pneumonia de causa desconhecida”. Diante disso, o Ministério da Saúde no Brasil solicita esclarecimento para a Organização Mundial da Saúde (OMS) quanto à referida “pneumonia”. No terceiro dia do presente ano, a OMS divulga 44 casos de “pneumonia de causa desconhecida” relacionada ao Mercado de Frutos do Mar de Wuhan/China e no 5º dia, o código genético do coronavírus foi divulgado pela China.

Em 9 de janeiro de 2020, o Comitê de Monitoramento de Eventos do Ministério da Saúde foi convocado e publicou o primeiro boletim epidemiológico com as primeiras informações sobre a doença. Em 16 de janeiro, a Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS) se reuniu com a OMS para alinhamento da estratégia internacional de resposta, quando foi divulgado o 1º Boletim Epidemiológico da OMS, declarando risco moderado para a doença (BRASIL, 2020). Em 21 de janeiro, foi ativado, em nível 1 de alerta, o Comitê de Operações de Emergência (COE-nCoV), porém, ainda sem casos suspeitos. Já no dia seguinte, o 1º caso suspeito foi notificado e o COE alterado para nível 2 (perigo iminente).

Nessa mesma semana, a OMS, admitindo equívoco nas declarações passadas, elevou para “alto” o risco da doença e declarou emergência internacional. Em 31 de janeiro, foi realizada primeira reunião do Grupo Executivo Interministerial em Saúde Pública (GEI-ESPPII). O Brasil declarou Emergência de Saúde Pública de Importância Nacional (ESPIN) e em 4 de fevereiro do presente ano o Ministério da Saúde aprovou a Lei de Quarentena ao Congresso Nacional. A partir do referido momento, casos suspeitos no mundo inteiro foram sendo notificados e a lista de países em alerta aumentou exponencialmente. Em 26 de fevereiro de 2020, foi confirmado o primeiro caso de coronavírus no Brasil, em São Paulo (BRASIL, 2020).

Em consonância com as orientações do Ministério da Saúde, das autoridades de controle epidemiológico e orientações advindas do Ministério da Educação, o Comitê de Monitoramento do Coronavírus da PUC Minas reuniu-se no dia 15 de março de 2020 para definir e articular novos encaminhamentos em termos das medidas e ações acerca da prevenção ao contágio pelo coronavírus e a transmissão da COVID-19. Diante disso, a PUCMinas divulgou um comunicado em que decidiu adotar Regime Letivo Remoto e suspendeu aulas presenciais no dia 16 de março de 2020 (COMITÊ DE MONITORAMENTO DO CORONAVÍRUS, 2020).

Na mesma data, a Universidade de Brasília (UnB), uma das instituições parceiras no presente estudo, divulgou nota dos reitores promulgando a suspensão das atividades presenciais, como medida para o enfrentamento da pandemia de coronavírus no Distrito Federal. No dia 17 de março deste ano, a Universidade Federal Fluminense (UFF), outra instituição parceira neste estudo, onde parte do estudo experimental estava sendo realizado, decidiu adiar o início do semestre em 30 dias e iniciar o trabalho remoto. Em 08 de abril, a UFF suspendeu por tempo indeterminado os calendários acadêmico e administrativo do ano de 2020. Neste contexto, o presente projeto teve seu cronograma comprometido, devido ao fechamento dos laboratórios, em especial, pela impossibilidade da utilização do microtomógrafo (UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE, 2020).

Essas ações de isolamento social e suspensão de atividades presenciais nas universidades impactou negativamente no andamento deste projeto de tese que previa, em seu cronograma, a realização de atividades / experimentos durante o ano de 2020. Não obstante, novas perspectivas foram pensadas para essa pesquisa, como, por exemplo, a condução de análise bibliométrica e análise numérica em modelo bidimensional.