



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA
NÍVEL MESTRADO

JULIANA CARNEIRO LEÃO DE GUIMARÃES DIAS MARTINS

**AVALIAÇÃO DA INCIDÊNCIA DE MICROFISSURAS DO TERÇO APICAL
ATRAVÉS DA MICROTOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA: estudo in vitro**

Recife

2019

JULIANA CARNEIRO LEÃO DE GUIMARÃES DIAS MARTINS

**AVALIAÇÃO DA INCIDÊNCIA DE MICROFISSURA DO TERÇO APICAL
ATRAVÉS DA MICROTOMOGRÁFIA COMPUTADORIZADA: estudo in vitro**

Dissertação Apresentada ao Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Odontologia do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Odontologia.

Área de concentração: Clínica Integrada.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Andréa Cruz Câmara

Co-orientador: Prof. Dr. Carlos Menezes Aguiar

Recife

2019

Catálogo na Fonte
Bibliotecária: Elaine Freitas, CRB4-1790

M386a Martins, Juliana Carneiro Leão de Guimarães Dias
Avaliação da incidência de microfissura do terço apical através da microtomografia computadorizada: estudo in vitro / Juliana Carneiro Leão de Guimarães Dias Martins. – 2019.
62 f.: il.

Orientadora: Andréa Cruz Câmara.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Ciências da Saúde - CCS. Pós-graduação em Odontologia. Recife, 2019.

Inclui referências, apêndice e anexos

1. Endodontia. 2. Instrumentação. 3. Canal radicular. 4. Tomografia computadorizada. I. Câmara, Andréa Cruz (Orientadora). II. Título.

617.6 CDD (22.ed.)

UFPE (CCS2020-148)

JULIANA CARNEIRO LEÃO DE GUIMARÃES DIAS MARTINS

**AVALIAÇÃO DA INCIDÊNCIA DE MICROFISSURA DO TERÇO APICAL
ATRAVÉS DA MICROTOMOGRÁFIA COMPUTADORIZADA: estudo in vitro**

Dissertação Apresentada ao Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Odontologia do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Odontologia.

Aprovada em: 27/02/2019

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Andréa Cruz Câmara
(examinador interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^a. Dr^a. Élvia Christina Barros de Almeida
(examinador externo)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Gustavo Pina Godoy
(examinador interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Dedico esta dissertação aos meus pais, *Francisco e Maria Magdalena*, por serem meu porto seguro e meus maiores incentivadores. Dedico ao meu marido, *Fabiano*, que caminha sempre ao meu lado, entre lágrimas e sorrisos, sempre em busca dos nossos sonhos. Dedico a minha irmã e ao meu cunhado, *Tatiana e Raniere*, que mesmo morando distante, estão sempre presentes, torcendo e vibrando com todas as minhas conquistas. Amo todos vocês!

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à *Deus*, por estar sempre comigo, me iluminando, me guiando e me dando forças para seguir em frente com os meus objetivos e sonhos.

A minha orientadora, Professora Dr^a. Andréa Cruz Câmara, e ao meu co-orientador, Professor Dr. Carlos Menezes Aguiar, minha eterna gratidão por toda atenção, confiança, paciência, disponibilidade e incentivo neste momento tão importante da minha vida profissional. Serei sempre uma grande admiradora da competência, seriedade e amor à docência demonstrado por eles.

À todos os colegas do curso de Mestrado, em especial à *Ana Michelle e Gisele*, por toda ajuda, estímulo, torcida e amizade. Vocês tornaram esses anos mais leves e alegres.

À querida amiga, *Camila Araújo*, por me incentivar a fazer a prova de seleção do mestrado e me ajudar a realizar o sonho antigo de seguir na docência. Serei eternamente grata pela sua amizade e companheirismo.

À todos os meus amigos e familiares que compreenderam meus muitos momentos de ausência e estiveram sempre torcendo e vibrando com minhas conquistas.

À Pós-Graduação em Odontologia da UFPE e a todos os professores do programa, especialmente *Prof. Dr. Arnaldo Caldas e Prof. Dr. Gustavo Godoy*, por todo conhecimento compartilhado e amor pelo ensino. Ao lado de vocês os momentos são sempre doces e cheios de ternura.

Ao Departamento de Física dos Solos da UFPE, especialmente ao *Prof. Dr. Antonio Celso Dantas Antonino e Prof. MSc Daniel Amancio Duarte*, por toda atenção, ajuda e carinho com que me receberam.

Aos funcionários da Pós-Graduação em Odontologia da UFPE, Oziclere, Tamires, *Tânia e Issac*, por toda ajuda e cuidado com a nossa turma.

“A persistência é o caminho do êxito.”

(CHAPLIN, 1997, p.118.)

RESUMO

O objetivo deste estudo in vitro foi avaliar a incidência de microfissuras do terço apical, através da microtomografia computadorizada, após a utilização de diferentes sistemas de preparo de canais radiculares. Cinquenta incisivos inferiores humanos com raízes retas e cinquenta molares inferiores humanos com raízes mesiais curvas foram divididos aleatoriamente em 10 grupos experimentais, com 10 espécimes cada, de acordo com os sistemas de preparo dos canais radiculares e com o formato da raiz: G1: Sistema ProTaper Universal Manual (canal reto); G2: Sistema ProTaper Universal Manual (canal curvo); G3: Sistema Hyflex EDM (canal reto); G4: Sistema Hyflex EDM (canal curvo); G5: Sistema X1-Blue File (canal reto); G6: Sistema X1-Blue File (canal curvo); G7: Sistema Rotary Sequence Blue (canal reto); G8: Sistema Rotary Sequence Blue (canal curvo); G9: Sistema Reciproc Blue (canal reto) e G10: Sistema Reciproc Blue (canal curvo). Os espécimes foram avaliados através do escaneamento com microtomografia computadorizada antes e depois do preparo biomecânico. As imagens transversais geradas foram cegamente avaliadas por três examinadores para detectar a presença de microfissuras na espessura de 4mm da saída foraminal. A análise estatística da concordância intra e inter examinadores foi realizada através do teste de kappa e a comparação entre os formatos radiculares e tipos de instrumentos, através do teste Exato de Fisher. A análise dos dados obtidos demonstrou que dos 100 espécimes avaliados, microfissuras apicais estavam presentes em 1 espécime curvo (Sistema Protaper Universal Manual), indicando que não houve diferença estatisticamente significativa ($p > 0,05$) entre técnicas de preparo dos canais radiculares e o formato das raízes, na indução de microfissuras dentinárias. A modelagem do canal radicular com os sistemas Protaper Universal Manual, Hyflex EDM, Rotary Sequence Blue, X1 Blue File e Reciproc Blue, independentemente do formato da raiz, não produziu microfissuras apicais.

Palavras-chave: Endodontia. Instrumentação. Canal radicular. Tomografia computadorizada.

ABSTRACT

The present in vitro study was an analysis of microcracks of the apical soil, through the computerized microtomography, after the use of different systems of preparation of root canals.. Fifty human lower incisors with straight roots and fifty human lower molars with curved mesial roots were randomly divided into 10 experimental groups, with 10 specimens each, according to the root canal preparation systems and the root format: G1: ProTaper System Manual (straight channel); G2: ProTaper System Manual (curved channel); G3: Hyflex EDM system (straight channel); G4: Hyflex EDM system (curved channel); G5: X1-Blue system (straight channel); G6: X1-Blue system (curved channel); G7: Rotary Sequence Blue System; G8: Rotary Sequence Blue System; G9: Reciproc Blue system (straight channel) and G10: Reciproc Blue system (curved channel). The specimens were evaluated by computerized microtomography before and after the biomechanical preparation. The transverse images generated were blindly evaluated by three examiners to detect the presence of microcracks in the 4 mm thickness of the foraminal outlet. Statistical analysis of intra and inter-examiner agreement was performed using the kappa test and the comparison between root formats and instrument types using Fisher's exact test. The analysis of the obtained data showed that of the 100 specimens evaluated, apical microcracks were present in 1 curved specimen (Protaper Universal Manual System), indicating that there was no statistically significant difference ($p > 0.05$) between root canal preparation techniques and, the root shape, in the induction of dentin microcracks. Root canal modeling with the Protaper Universal Manual, Hyflex EDM, Rotary Sequence Blue, X1 Blue and Reciproc Blue systems, regardless of root shape, did not produce apical microcracks.

Keywords: Endodontics. Instrumentation. Root canal. Computed tomography

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Inspeção da superfície radicular externa com auxílio do estereomicroscópio em ampliação de 40X	22
Figura 2 - Armazenamento dos espécimes	23
Figura 3 - Escaneamentos de micro-CT	24
Figura 4 - Simulação do ligamento periodontal e osso alveolar	25
Figura 5 - Cortes transversais dos espécimes através da micro-CT	27
Figura 6 - Seção transversal do espécime 11 pré e pós-preparo biomecânico	31
Gráfico1- Frequência de espécimes com microfissuras e tipos das fissuras	30

NO ARTIGO

Figura 1- Seção transversal do espécime 11 pré e pós-preparo biomecânico	44
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-	Avaliação da concordância intra-examinadores e inter-examinadores	29
Tabela 2-	Frequência de espécimes com presença de microfissuras segundo o tipo de instrumento, formato das raízes, número e tipo de fissuras e por examinador	30
Tabela 3-	Avaliação da presença de microfissuras perante os três examinadores, por tipo de lima e formato das raízes	31

NO ARTIGO

Tabela 1-	Frequência de espécimes com presença de microfissuras segundo o tipo de instrumento, formato das raízes, número e tipo de fissuras e por examinador	44
-----------	---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CRT	Comprimento Real de Trabalho
Micro-CT	Microtomografia Computadorizada
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
FA	Forame Apical
CAA	Canal Access Angle
NiTi	Níquel-Titânio
mm	Milímetro
mL	Mililitro
μm	Micrômetro
rpm	Rotações por minuto
KV	Quilovolt
μA	Microampere
N/cm	Newton por centímetro

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Preâmbulo	15
2	REVISÃO DE LITERATURA	16
3	OBJETIVOS	20
3.1	Objetivo geral	20
3.2	Objetivos específicos	20
4	MATERIAIS E MÉTODOS	21
4.1	Aspectos éticos	21
4.2	Critérios de Inclusão	21
4.3	Critérios de Exclusão	21
4.4	Caracterização do Estudo	21
4.5	Preparo das Amostras	22
4.6	Escaneamento Microtomográfico Inicial	23
4.7	Grupos Experimentais	24
4.8	Preparo dos Canais Radiculares	25
4.9	Escaneamento Microtomográfico Final	27
4.10	Avaliação de Microfissuras	27
4.11	Destino dos elementos dentários	28
4.12	Análise estatística	28
5	RESULTADOS	29
6	CONCLUSÃO	31
	REFERÊNCIAS	33
	APÊNDICE A – ARTIGO: AVALIAÇÃO DA INCIDÊNCIA DE MICROFISSURAS DO TERÇO APICAL ATRAVÉS DA MICROTOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA: ESTUDO IN VITRO	38
	ANEXO A – PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA	53
	ANEXO B – NORMAS DA REVISTA	54

1 INTRODUÇÃO

A modelagem do canal radicular foi sugerida como um fator contribuinte à indução de defeitos dentinários (BÜRKLEIN et al., 2013; KANSAL et al., 2014; ARIAS et al., 2014). Alguns estudos sugeriram que o afinamento da preparação do canal radicular poderia ser um fator importante na geração de falhas dentinárias (BIER et al., 2009; LIU et al., 2013; ARSLAN et al., 2014) e que quanto mais dentina radicular for removida no preparo endodôntico, maior será a presença de raiz fraturada (SATHORN et al., 2005). Somando-se a isso, durante o preparo biomecânico, a modelagem do canal é realizada através do contato dos instrumentos com as paredes dentinárias, e este contato gera inúmeras concentrações momentâneas de estresse na dentina, que são transmitidas em direção à superfície radicular. Essas concentrações de estresse podem provocar o aparecimento de microfissuras dentinárias (BIER et al., 2009).

A relação entre o surgimento de microfissuras dentinárias e o preparo dos canais radiculares passou a receber muita atenção da comunidade endodôntica internacional, a contar dos estudos de Bier et al. (2009) e Shemesh et al. (2009). E desde então, muitos estudos tem confirmado a indução de defeitos dentinários como consequência do preparo dos canais radiculares (ADORNO et al., 2009; ADORNO et al., 2010; ADORNO et al., 2011; YOLDAS et al., 2012; HIN et al., 2013; ARSLAN et al., 2014; BURKLEIN et al., 2018; MANDAVA et al., 2018; NISHAD et al., 2018).

À vista disso, o diagnóstico precoce de microfissuras dentinárias é de extrema importância para prevenir complicações (RIVERA, 2008), uma vez que a propagação de uma microfissura pode levar a uma fratura de raiz vertical e, como consequência, a perda do elemento dentário (SATHORN et al., 2005; TAMSE et al., 2006; ADORNO et al., 2013).

Dentes com presença de microfissuras possuem o diagnóstico complicado, devido aos sinais e sintomas variáveis, juntamente com a dificuldade de se localizar as linhas de fissura (ELLIS, 2001). Até aproximadamente o ano de 2015, os métodos disponíveis para diagnosticar dentes fraturados eram: radiografia, tomografia computadorizada com feixe de cone, transiluminação, sondagem periodontal, teste de mordida, explorações cirúrgicas e exame com microscópio cirúrgico, no entanto, todos

esses métodos possuem limitações para fornecer diagnósticos definitivos (IMAI et al., 2012; FERREIRA et al., 2015). Assim, um objetivo primordial na pesquisa endodôntica atual é buscar um método de imagem mais confiável para diagnosticar microfissuras dentinárias e correlacionar a presença dessas ao tipo de técnicas de preparo dos canais radiculares (OLIVEIRA et al., 2017).

Nos últimos anos, a microtomografia computadorizada (micro-CT) surgiu como um método de imagem de alta resolução, amplamente utilizado nas pesquisas endodônticas (SIQUEIRA et al., 2013; CAN et al., 2016; OLIVEIRA et al., 2017; MANDAVA et al., 2018; DE-DEUS et al., 2019). A microtomografia computadorizada é um método de imagem não destrutivo e não invasivo, que fornece imagens bi e tridimensionais de tecidos biológicos internos (OLIVEIRA et al., 2017; HUANG et al., 2018; STRINGHETA et al., 2019), com uma definição muito mais elevada do que a estereomicroscopia (DE-DEUS et al., 2014).

Com este método, é possível obter imagens de alta qualidade do antes e depois do preparo do canal radicular, sem ser necessário seccionar os espécimes, aumentando a validade interna dos experimentos *in vitro*, bem como, por ser um método de imagem extremamente preciso, permite não apenas a visualização de microfissuras dentinárias pré-existentes, como também a sua localização precisa em toda a raiz, sendo assim, é possível afirmar com exatidão a região que as microfissuras foram criadas e/ou propagadas, posto que cada amostra funciona como seu próprio controle (DE-DEUS et al., 2014; MARCELIANO-ALVES et al., 2015; OLIVEIRA et al., 2017).

Estudos anteriores, que utilizaram a microtomografia para investigar a influência das técnicas de preparação do canal radicular na ocorrência de microfissuras dentinárias, apontaram resultados contraditórios e muitas vezes inconclusivos, quanto aos vários aspectos relacionados à indução dessas microfissuras (OLIVEIRA et al., 2017).

Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a incidência de microfissuras apicais após a modelagem dos canais radiculares com sistemas de limas manuais, rotatórias e reciprocantes, em diferentes formatos radiculares, através da análise da microtomografia computadorizada, com intuito de fornecer um maior entendimento dos fatores associados à indução de microfissuras dentinárias.

1.1 Preâmbulo

Nos últimos anos, inúmeras pesquisas vêm sendo realizadas com o objetivo de elucidar os aspectos relacionados à indução de microfissuras dentinárias. Evidências na literatura atual correlacionam a preparação biomecânica e o desenvolvimento de defeitos dentinários, sugerindo que a propagação dessas microfissuras podem gerar fraturas radiculares verticais e, conseqüentemente, a perda do elemento dentário.

Estudos prévios demonstraram alto percentual de defeitos dentinários causados pelo preparo biomecânico realizado com instrumentos mecânico-rotatórios e reciprocantes. Entretanto, investigações recentes verificaram que não houve associação entre as técnicas de instrumentação do canal radicular e a formação de microfissuras dentinárias. Diante disso, é possível perceber que, mesmo existindo um conjunto considerável de evidências acumuladas sobre esse tema, os resultados apresentam muitas contradições, e questões críticas ainda estão sem respostas definitivas.

Dessa forma, esta pesquisa teve como objetivo avaliar a influência da técnica de preparação do canal radicular em raízes retas e raízes curvas, na ocorrência de microfissuras radiculares apicais, utilizando uma metodologia de imagem não destrutiva e altamente precisa. Tal fato visa promover uma melhor compreensão dos fatores relacionados à indução de defeitos dentinários e proporcionar mais segurança e confiança por parte dos profissionais que buscam por excelência em seus tratamentos endodônticos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

O preparo biomecânico dos canais radiculares é considerado um dos passos mais importantes para o sucesso da terapia endodôntica e, por esse motivo a Endodontia, ao longo dos anos, vem procurando encontrar métodos mais seguros, eficientes e rápidos para a limpeza dos canais radiculares (LEONARDO; LEONARDO, 2009). As técnicas de instrumentação dos canais radiculares passaram por inúmeras mudanças nas últimas décadas, sendo a instrumentação manual gradualmente substituída pelos sistemas mecanizados (OLANO-DEXTRE et al., 2016).

As primeiras limas endodônticas manuais, fabricadas com liga de Níquel-Titânio (NiTi), foram testadas por Walia et al. (1988) no final da década de 80. A confecção de instrumentos endodônticos com esta liga, em substituição às limas de aço inoxidável, ocorreu devido às suas propriedades de superelasticidade e memória de forma (YOUNG et al., 2007). Os avanços tecnológicos iniciados a partir da descoberta dessa liga, impulsionaram novos conceitos de design das limas endodônticas e novas técnicas de preparo do canal radicular (OLIVEIRA et al., 2017). A utilização da liga de níquel-titânio proporcionou um avanço significativo na Endodontia, e estimulou o surgimento de diferentes sistemas rotatórios (LEONARDO; LEONARDO, 2009).

As limas de NiTi, devido às suas características físicas, começaram a ser utilizadas acionadas por motores elétricos com cinemática de rotação contínua, buscando diminuir o tempo necessário para concluir o preparo, reduzir a fadiga do operador e proporcionar melhor conformação aos canais (BAUMANN, 2004; MORTMAN, 2011; GUTMAN; GAO, 2012). Canais radiculares instrumentados com sistemas rotatórios de NiTi, apresentaram melhor modelagem, maior limpeza e menor transporte apical, retificação e perfurações do que canais instrumentados com sistemas de aço inoxidável convencionais (RAMAZANI et al., 2016; SELVAKUMAR et al., 2016, OLIVEIRA et al., 2017).

A partir do surgimento destes instrumentos, um número crescente de sistemas mecânicos-rotatórios de NiTi começaram a ser fabricados e comercializados. Dentre eles, destacam-se os sistemas HyFlex EDM (Coltene-Whaledent, Allstetten, Suíça) e Rotary Sequence Blue (MK Life, Porto Alegre, Brasil).

Os instrumentos HyFlex EDM (Coltene-Whaledent, Allstetten, Suíça) fazem parte de um novo sistema de limas rotatórias de NiTi fabricado através da tecnologia de usinagem de descarga elétrica, denominada eletroerosão. Da mesma forma que as limas HyFlex CM, as limas HyFlex EDM possuem o efeito de controle de memória (HUANG et al., 2018; USLO et al., 2018). Limas fabricadas com essa alteração da liga de NiTi, apresentam grande flexibilidade e ausência de memória elástica, permitindo assim o pré-curvamento do instrumento e um melhor desempenho no preparo de canais radiculares com curvaturas acentuadas (GAMBARANI et al., 2011; ELGNAGHY, 2014).

Outro sistema recentemente lançado para ser utilizado na cinemática rotatória, foi o Rotary Sequence Blue (MK Life, Porto Alegre, Brasil), fabricado com liga de Níquel-Titânio e submetido a um tratamento térmico que induz a precipitação de uma camada externa de óxido de titânio, conferindo aos instrumentos uma coloração azulada. Este tratamento promove um aumento na flexibilidade e resistência à fadiga cíclica ao instrumento de NiTi (BERGER, 2018).

Contudo, falhas nos sistemas mecânico-rotatórios começaram a ser evidenciadas, principalmente, o elevado índice de fraturas por torção e por fadigas cíclicas (SATTAPAN et al., 2000; PRICHARD, 2012).

Várias estratégias têm sido utilizadas pelos fabricantes de limas na tentativa de melhorar características como flexibilidade e resistência às fraturas por torção e por fadiga cíclica, incluindo diferentes designs nos cortes transversais, ligas com diferentes propriedades mecânicas ou processos de fabricação (PRICHARD, 2012; ELNAGHY, 2014).

Conhecendo as vantagens dos instrumentos mecânicos rotatórios de NiTi, Yared (2008) propôs uma nova técnica de instrumentação que reduzia a fadiga cíclica do instrumento, promovendo uma técnica mais segura e rápida por utilizar apenas um instrumento rotatório.

A técnica proposta por Yared (2008) representou uma evolução no conceito de instrumentos rotatórios. Ele descreveu pela primeira vez a instrumentação dos sistemas de canais radiculares utilizando uma lima F2 do sistema ProTaper (Dentsply) para realizar toda a instrumentação. Atestou que mudando a cinemática de instrumentação (antes realizada no movimento rotatório contínuo, para um movimento de rotação alternada no sentido anti-horário, ação de corte e sentido horário, liberação do instrumento), era possível realizar o preparo biomecânico com um único

instrumento, o que simplificava o tratamento, diminuía os riscos de contaminação cruzada, custos e tempo de trabalho. Desse modo, pela primeira vez na literatura foi citado o movimento reciprocante. Com a utilização do movimento reciprocante é possível pressupor que o risco de fratura por torção do instrumento é reduzido, visto que o mesmo não está sujeito aos níveis de estresse causados pelo movimento rotatório contínuo (PEDULLA et al., 2013; FERREIRA et al., 2015; OLIVEIRA et al., 2017).

Nos últimos dois anos, foram lançados o sistema de limas Reciproc Blue (VDW, Munich, Germany), sucessora da lima Reciproc e o sistema X1 Blue File (MK Life, Porto Alegre - RS), ambos com novos processos de produção e tratamento térmico, que tornaram os instrumentos mais flexíveis e mais resistentes à fratura por fadiga cíclica. O NiTi com tratamento térmico também possibilita a realização e manutenção de pré-curvatura nos instrumentos, o que nas ligas NiTi tradicionais não é possível, favorecendo assim o preparo biomecânico em canais curvos. As limas Reciproc Blue possuem a ponta inativa e secção transversal em forma de S e as limas X1 Blue File possuem ponta inativa e secção triangular (BERGER, 2018).

Entretanto, mesmo com toda evolução dos sistemas de limas, alguns estudos sugerem que a modelagem do canal radicular é um dos principais fatores para a indução de defeitos dentários (BURKLEIN et al., 2013; ARIAS et al., 2014).

Um fato muito relevante a respeito das publicações sobre este assunto é que a maioria dos estudos feitos foram baseados no método de seccionamento radicular, onde os espécimes são seccionados em vários níveis a partir do ápice, após o procedimento de instrumentação, e as fatias resultantes são inspecionadas através de um estereomicroscópio (BIER et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2017). A maior falha dessa metodologia é a impossibilidade de verificar de maneira confiável microfissuras preexistentes na dentina radicular antes da instrumentação do canal (COELHO et al., 2016b). Somando a isso, os procedimentos de seccionamento radicular podem causar danos à dentina, levando a resultados falso-positivos (COELHO et al., 2016a).

Recentemente, as imagens da microtomografia computadorizada (Micro-CT) surgiram como um método altamente preciso de geração de imagens amplamente utilizado em pesquisa endodôntica (SIQUEIRA et al., 2013; CAN et al., 2016; MANDAVA et al., 2018). Com esta tecnologia, é possível obter imagens tridimensionais dos espécimes antes e após o preparo biomecânico, sem a

necessidade de seccionar as amostras, melhorando a validade interna dos experimentos in vitro (SIQUEIRA et al., 2013; DE-DEUS et al., 2014).

Em contrapartida, uma limitação da micro-CT é o fato da mesma não poder ser utilizada para estudos in vivo, uma vez que possui uma intensidade de radiação de exposição muito elevada (OLIVEIRA et al., 2017)

Dessa forma, ainda há muito a ser pesquisado sobre os vários fatores relacionados ao aparecimento de defeitos dentinários, mesmo existindo um conjunto relevante de estudos realizados sobre esse tema nos últimos anos (DE-DEUS et al., 2014). Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi proporcionar uma melhor percepção sobre os vários aspectos relacionados à indução de microfissuras dentinárias.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Avaliar, mediante estudo in vitro, a incidência de microfissuras do terço apical, através da microtomografia computadorizada.

3.2 Objetivos Específicos

- Averiguar a incidência de microfissuras no terço apical de canais radiculares instrumentados com o sistema ProTaper Universal Manual, em raízes retas e curvas;
- Verificar a incidência de microfissuras no terço apical de canais radiculares instrumentados com o sistema Hyflex EDM , em raízes retas e curvas;
- Observar a incidência de microfissuras no terço apical de canais radiculares instrumentados com o sistema Rotary Sequence Blue, em raízes retas e curvas;
- Analisar a incidência de microfissuras no terço apical de canais radiculares instrumentados com o sistema X1-Blue File, em raízes retas e curvas;
- Pesquisar a incidência de microfissuras no terço apical de canais radiculares instrumentados com o sistema Reciproc Blue, em raízes retas e curvas;
- Comparar a incidência de microfissuras do terço apical de canais radiculares instrumentados com sistemas: manual, mecânico-rotatórios e reciprocantes.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Aspectos Éticos

O presente estudo foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Pernambuco (CEP – UFPE) e aprovado pelo protocolo número: 2.628.105 e CAAE número: 83339418.50000.5208 (ANEXO A).

4.2 Critérios de Inclusão

Foram selecionados incisivos inferiores e molares inferiores que apresentavam raízes completamente formadas e respectivamente, canal radicular único e reto e canal radicular mesial curvo de acordo com a técnica CAA (Canal Access Angle) descrita por Günday et al. em 2005.

4.3 Critérios de Exclusão

Foram excluídos elementos dentários decíduos e elementos dentários permanentes, com ápices abertos, com tratamento endodôntico prévio, com fraturas radiculares, com defeitos dentinários externos, com cárie radicular, com reabsorção interna/externa, com cálculo dentário, hipercementose e que não apresentassem a largura do canal radicular próximo ao ápice compatível com uma lima tipo K #10.

4.4 Caracterização do Estudo

Foi um estudo laboratorial experimental in vitro utilizando dentes humanos obtidos do Banco de Dentes Humanos da UFPE. Foram adquiridos 100 elementos dentários com processo de rizogênese completo, sendo: 50 incisivos inferiores unirradiculares e 50 molares inferiores com raízes mesiais com curvatura entre 35° e 60°, determinado segundo a técnica CAA (Canal Access Angle).

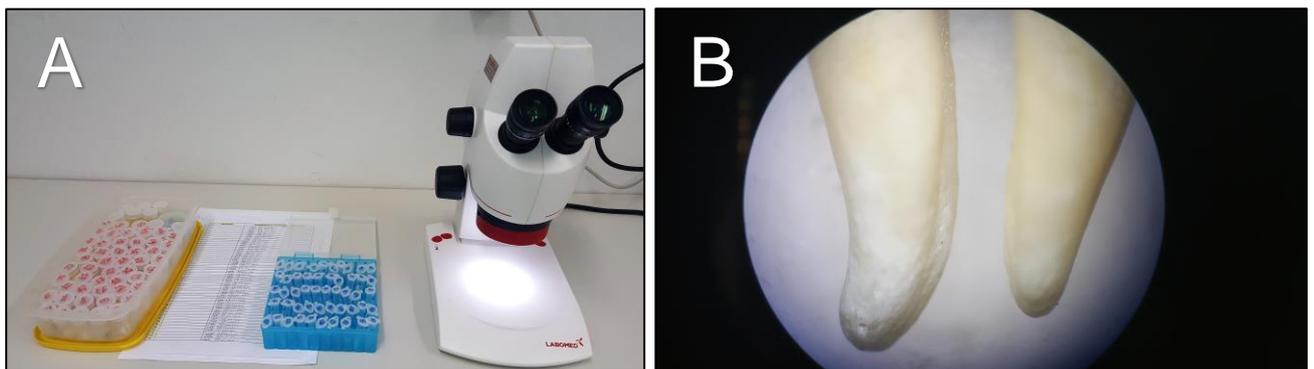
A pesquisa foi realizada no Laboratório do Curso de Pós-Graduação em Odontologia do Departamento de Prótese Buco-Facial do Centro de Ciências e Saúde da UFPE e no Laboratório de Física dos Solos do Departamento de Energia Nuclear, que disponibilizou o aparelho de Microtomografia Computadorizada (XTH225ST,

Nikon, Japão), assim como o programa (CT Pro 3D v.XT3.1.3) para a reconstrução dos espécimes.

4.5 Preparo das Amostras

Tomadas radiográficas foram realizadas a partir dos planos vestibulolingual e mesiodistal, para a visualização do número de canais. Em seguida, com o auxílio de um estereomicroscópio (Stemi 2000-C, Zeiss, São Paulo, Brasil), a superfície radicular externa dos espécimes foi inspecionada em ampliação de 40X.

Figura 1. Inspeção da superfície radicular externa com auxílio do estereomicroscópio em ampliação de 40X. (A) Estereomicroscópio Stemi 2000-C e espécimes armazenados sequencialmente em tubos Eppendorf. (B) Imagem radicular do espécime em ampliação de 40X.



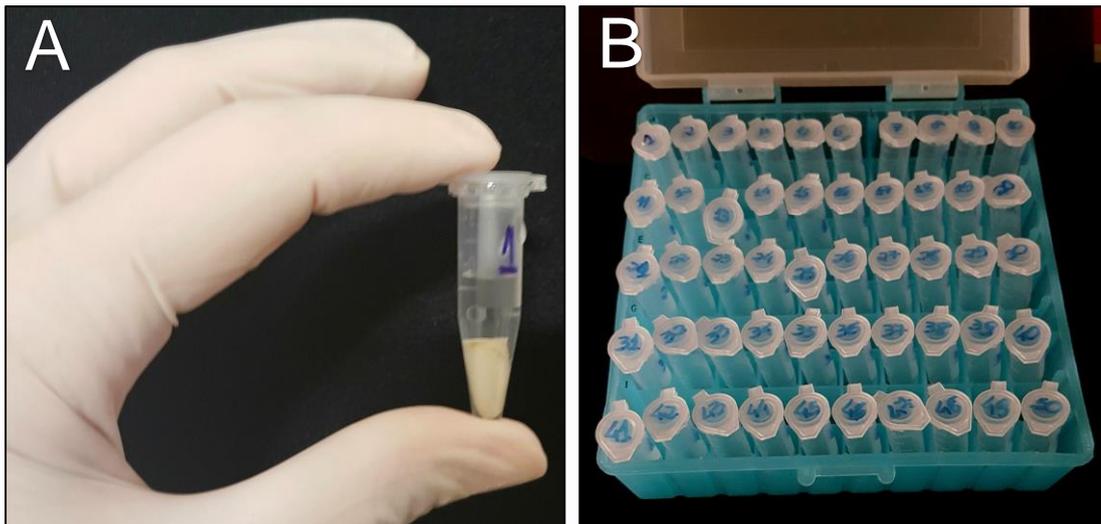
Fonte: O autor, 2018.

Para assegurar a padronização, as porções coronárias dos espécimes foram seccionadas a 13 mm do ápice utilizando uma serra de baixa velocidade (Isomet; Buehler Ltd, Lake Bluff, IL, EUA) sob refrigeração a água. Posteriormente, cada espécime teve o canal radicular explorado com uma lima tipo K #10 (Dentsply Maillefer). Utilizando estes critérios, um total de 100 espécimes foram selecionados.

Subsequentemente, visando a identificação e a manutenção da hidratação dos dentes no decorrer das etapas da pesquisa, os espécimes foram armazenados individualmente em tubos de polipropileno tipo Eppendorf, volume 1,5 mL (Kasvi,

Curitiba, PR, Brasil) numerados sequencialmente de 1 a 100, contendo 1 mL de água destilada.

Figura 2. Armazenamento dos espécimes. (A) Espécime sem a porção coronária armazenado em um tubo de polipropileno tipo Eppendorf identificado por um número sequencial contendo água destilada; (B) Tubos Eppendorf dispostos sequencialmente em um suporte de plástico.



Fonte: O autor, 2018

4.6 Escaneamento Microtomográfico Inicial

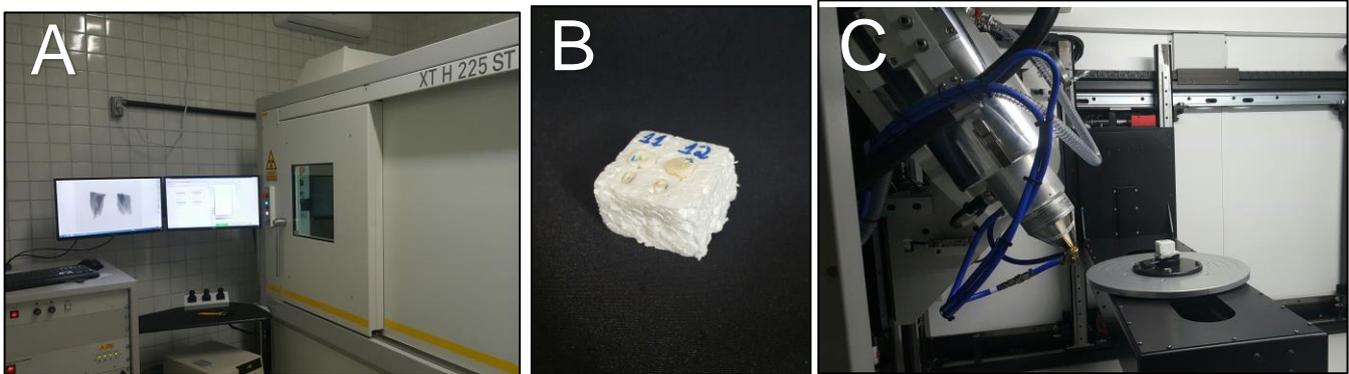
Inicialmente, foram obtidas imagens microtomográficas prévias aos procedimentos de instrumentação. Para isso, os espécimes foram escaneados utilizando a micro-CT (XTH225ST, Nikon, Japão) a uma resolução isotrópica de 20 μm .

Para os escaneamentos, foram utilizados 30 blocos de isopor de 23 mm de altura, 40 mm de largura e 37 mm de comprimento. Em cada bloco de isopor foram inseridos até 4 espécimes, sendo 2 molares e 2 incisivos, e em seguida, cada bloco foi, então, montado individualmente na plataforma rotatória controlada por computador do sistema de micro-CT, de modo que o feixe de raios X estivesse perpendicular ao longo eixo das raízes.

Os raios X foram gerados a 100 kV e 100 μA , e filtrados com um filtro de alumínio de 1 mm de espessura. Uma calibração de ar do detector foi realizada antes dos escaneamentos para reduzir os artefatos de anel e minimizar o efeito de endurecimento do feixe.

As imagens de cada espécime foram reconstruídas com o programa CT Pro 3D v.XT3.1.3. O software VGStudio MAX® v.2.2 foi utilizado para suavizar as imagens por meio da aplicação do filtro de Gauss, e para fornecer cortes transversais da estrutura interna das raízes. Esse processo resultou em cerca de 71 fatias por milímetro de espécime escaneado.

Figura 3. Escaneamentos de micro-CT. (A) Tomógrafo modelo XTH225ST. (B) Espécimes inseridos no bloco de isopor. (C) Bloco de isopor montado na plataforma rotatória do sistema de micro-CT.



Fonte: O autor, 2018.

4.7 Grupos Experimentais

Os espécimes foram numerados e divididos aleatoriamente em 10 grupos experimentais, com 10 dentes cada, de acordo com a técnica utilizada para a instrumentação dos canais radiculares e com o formato da raiz, reta ou curva. Instrumentos manuais, rotatórios e reciprocantes foram testados: ProTaper Universal Manual, HyFlex EDM, Rotary Sequence Blue, X1-Blue File e Reciproc Blue. As instrumentações foram finalizadas 1 mm aquém do FA (FA-1mm). Como segue:

- GRUPO 1: Sistema ProTaper Universal Manual (canal reto)
- GRUPO 2: Sistema ProTaper Universal Manual (canal curvo)
- GRUPO 3: Sistema HyFlex EDM (canal reto)
- GRUPO 4: Sistema HyFlex EDM (canal curvo)
- GRUPO 5: Sistema X1-Blue File (canal reto)
- GRUPO 6: Sistema X1-Blue File (canal curvo)
- GRUPO 7: Sistema Rotary Sequence Blue (canal reto)
- GRUPO 8: Sistema Rotary Sequence Blue (canal curvo)

GRUPO 9: Sistema Reciproc Blue (canal reto)

GRUPO 10: Sistema Reciproc Blue (canal curvo)

4.8 Preparo dos Canais Radiculares

A distância entre o plano de referência e o forame apical das raízes foi determinada através da inserção de uma lima tipo K #10 no canal até que a ponta da lima se tornasse visível no FA. Para simular o ligamento periodontal e o osso alveolar, as superfícies das raízes foram revestidas por uma fina película de material de impressão à base de silicone (Perfil®; Coltene-Whaledent), e embebidas em resina acrílica (Vipi®, Pirassununga, São Paulo, Brasil) (DE OLIVEIRA et al., 2017) (Figura 4).

Figura 4. Simulação do ligamento periodontal e osso alveolar. Raiz revestida por fina película de material de impressão à base de silicone e embebida em resina acrílica.



Fonte: Oliveira et al., 2017.

A guia de penetração foi realizada utilizando a sequência das limas tipo K#06, K#08, K#10 e K#15(Dentsply Maillefer) até o comprimento de trabalho de cada grupo. Os canais radiculares foram então instrumentados de acordo com as instruções do fabricante de cada sistema, da seguinte forma:

Grupos 1 e 2 – Sistema ProTaper Universal Manual

Os instrumentos ProTaper Manuais foram empregados de acordo com as instruções do fabricante e com o instrumento apical final F2 no comprimento real de trabalho.

Grupos 3 e 4 – Sistema HyFlex EDM

Os instrumentos HyFlex EDM foram empregados numa sequência coroa-ápice utilizando: instrumento 25/12 (dois terços do comprimento de trabalho), e instrumentos 10/05, e 25/~ (no comprimento real de trabalho).

Grupos 5 e 6 – Sistema X1-Blue File

O instrumento X1-Blue (25/06) foi utilizado num movimento lento de avanço e recuo aproximadamente 3 mm de amplitude com uma leve pressão apical. As espiras do instrumento foram limpas a cada 3 movimentos de bicada. Esses procedimentos foram repetidos até que o comprimento real de trabalho fosse alcançado pelo instrumento.

Grupos 7 e 8 – Sistema Rotary Sequence Blue

Os instrumentos Rotary Sequence Blue foram empregados numa sequência coroa-ápice utilizando: 15/04 (dois terços do comprimento de trabalho) e instrumentos 20/06 e 25/06 (no comprimento real de trabalho).

Grupos 9 e 10 – Sistema Reciproc Blue

O instrumento Reciproc Blue R25 (25/08) foi utilizado num movimento lento de avanço e recuo de aproximadamente 3 mm de amplitude com uma leve pressão apical. As espiras do instrumento foram limpas a cada 3 movimentos de bicada. Esses procedimentos foram repetidos até que o comprimento real de trabalho fosse alcançado pelo instrumento.

Todos os instrumentos rotatórios e reciprocantes foram operados utilizando um motor de baixo torque (X-Smart Plus, Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça). Os instrumentos HyFlex EDM foram utilizados com uma velocidade de rotação de 500 rpm e 2,5 N/cm de torque e os instrumentos Rotary Sequence Blue foram utilizados com uma velocidade de rotação de 400 rpm e 2N/cm de torque. Para o instrumento X1-Blue e Reciproc Blue o motor foi definido no programa Reciproc All.

Todas as instrumentações foram realizadas por um único operador, e cada instrumento foi utilizado para preparar apenas 1 canal. Foi utilizado resina composta

para fixar os cursores de borracha e evitar deslocamentos durante a instrumentação. A irrigação foi realizada utilizando um total de 15 mL de solução à base de hipoclorito de sódio a 1% (Phormula Ativa, Recife, Brasil) por canal, administrados utilizando uma seringa plástica descartável de 3 mL e uma agulha NaviTip (Ultradent, Utah, USA) de calibre 30 antes, durante e após o preparo biomecânico. A irrigação final foi realizada utilizando 5 mL de água destilada.

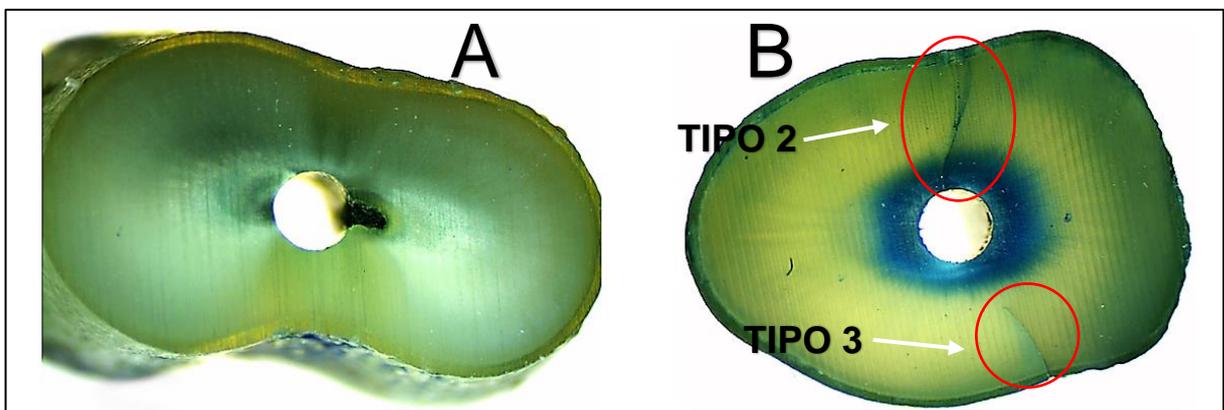
4.9 Escaneamento Microtomográfico Final

Após as instrumentações, os espécimes foram novamente escaneados com a micro-CT (escaneamentos pós-instrumentação) utilizando os mesmos parâmetros aplicados para o escaneamento microtomográfico inicial.

4.10 Avaliação de Microfissuras

As secções transversais de micro-CT geradas antes e após a instrumentação dos canais radiculares foram cegamente avaliadas por três examinadores, especialistas em endodontia, para detectar a presença de microfissuras na espessura de 4 mm da saída foraminal. Uma microfissura foi definida como: **TIPO 1 - fissura incompleta** (linha que se estende da parede do canal até a dentina sem atingir a superfície externa da raiz); **TIPO 2 - fissura completa** (linha que se estende da parede do canal radicular para a superfície externa) e **TIPO 3 - linha rachada** (outras linhas que se estendam da superfície externa para a dentina, mas não atinjam a parede do canal) observada na dentina radicular (BÜRKLEIN et al., 2013).

Figura 5. (A) Seção transversal sem nenhuma fissura dentinária. (B) Seção transversal mostrando uma fissura dentinária completa (TIPO 2) e uma linha rachada (TIPO 3).



Fonte: Bürklein et al. (2013)

Caso uma linha de microfissura fosse detectada na imagem de pós-instrumentação, a imagem da pré-instrumentação correspondente também seria inspecionada para verificar a pré-existência de um defeito dentinário (DE-DEUS et al., 2014). As imagens foram reavaliadas após um intervalo de 4 semanas.

4.11 Destino dos elementos dentários

Após o término do experimento, os elementos dentários foram devolvidos ao Banco de Dentes Humanos do Departamento de Prótese Buco-Facial da Universidade Federal de Pernambuco.

4.12 Análise Estatística

Os dados foram expressos através de frequências absolutas e percentuais. Para avaliar o grau de concordância intra e inter examinadores foram obtidos a concordância observada e o kappa com respectivo intervalo de confiança (concordância pobre, <0,20; concordância fraca, 0,21-0,40; concordância moderada, 0,41-0,60; concordância boa, 0,61-0,80; concordância ótima, 0,81-0,99 e concordância perfeita, 1,0) (ALTMAN, 1991). Para a comparação entre os tipos de raízes ou entre os tipos de limas, foi utilizado o teste Exato de Fisher.

A margem de erro utilizada na decisão dos testes estatísticos foi de 5% e os intervalos obtidos com 95% de confiança. Os dados foram digitados na planilha EXCEL e o programa utilizado para obtenção dos cálculos estatísticos foi o IBM SPSS na versão 23.

5 RESULTADOS

Os resultados obtidos nesta pesquisa demonstraram ausência de relação causal entre as técnicas de preparo dos canais radiculares e formato das raízes, com a indução de microfissuras apicais.

A Tabela 1 apresenta os resultados relativos à concordância intra e inter-examinadores em relação a presença ou ausência de microfissuras. Desta tabela destaca-se que: a concordância observada foi de 100%. A concordância foi perfeita ($\kappa = 1,00$) intra-examinadores e entre os examinadores 1, 2 e 3.

Tabela 1 – Avaliação da concordância intra-examinadores e inter-examinadores

Examinadores	Concordância			Kappa IC 95%
	Observada N	%	Valor	
Entre examinadores				
1 x 2	100	100,0	1,00	1,00 a 1,00
1 x 3	100	100,0	1,00	1,00 a 1,00
2 x 3	100	100,0	1,00	1,00 a 1,00
Intra-examinadores				
1	100	100,0	1,00	1,00 a 1,00
2	100	100,0	1,00	1,00 a 1,00
3	100	100,0	1,00	1,00 a 1,00

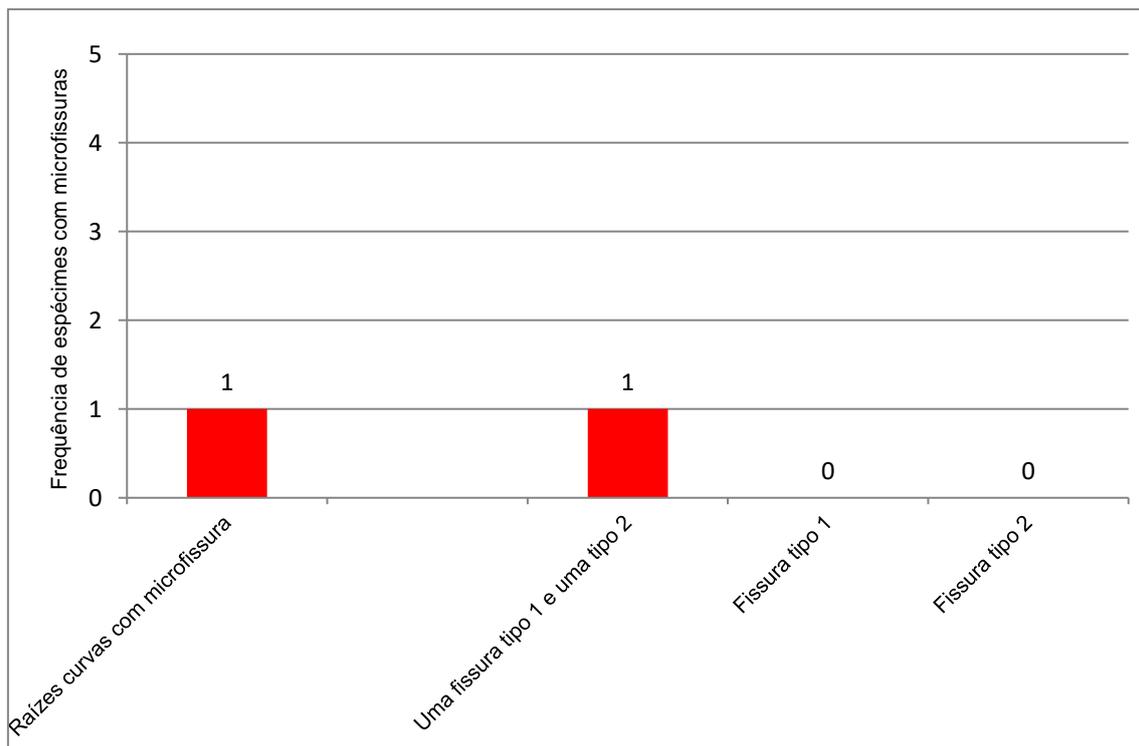
IC 95% significa intervalo para o kappa populacional com 95 de confiança.

A Tabela 2 apresenta a frequência de espécimes com presença de microfissura segundo: o tipo de instrumento, formato das raízes, número e tipo de fissuras. Nesta tabela destaca-se que: dos 100 espécimes avaliados pelos 3 examinadores, somente em 1 deles, que possuía raiz curva, foi observado a presença de microfissuras. As microfissuras foram indicadas conjuntamente pelos três examinadores, sendo verificada 1 (uma) fissura do tipo 1 e 1 (uma) do tipo 2. O espécime com presença de microfissura foi instrumentado com o sistema de limas ProTaper Universal Manual.

Tabela 2 – Frequência de espécimes com a presença de microfissura segundo o tipo de instrumento, formato das raízes, número e tipo de fissuras e por examinador.

Tipo de Instrumento	Formato da raiz	Espécime	Número de fissuras e tipo		Examinadores que Presenciaram
ProTaper Manual	Curva	1	Uma tipo 1	Uma Tipo 2	1, 2 e 3

Gráfico 1– Frequência de espécimes com microfissura e tipos das fissuras



A Tabela 3 demonstra a presença de microfissuras, perante avaliação dos três examinadores, em apenas um único espécime, dos 100 investigados. Este possuía, como característica, raiz curva e foi instrumentado com o sistema de limas ProTaper Universal Manual. Para as situações em que foi possível calcular o teste estatístico não foi registrado diferença significativa ($p > 0,05$) entre os dois formatos de raiz e nem entre os tipos de instrumentos utilizados no preparo dos canais radiculares.

Tabela 3 – Avaliação da presença de microfissuras, perante avaliação dos três examinadores, por tipo de instrumento e formato das raízes

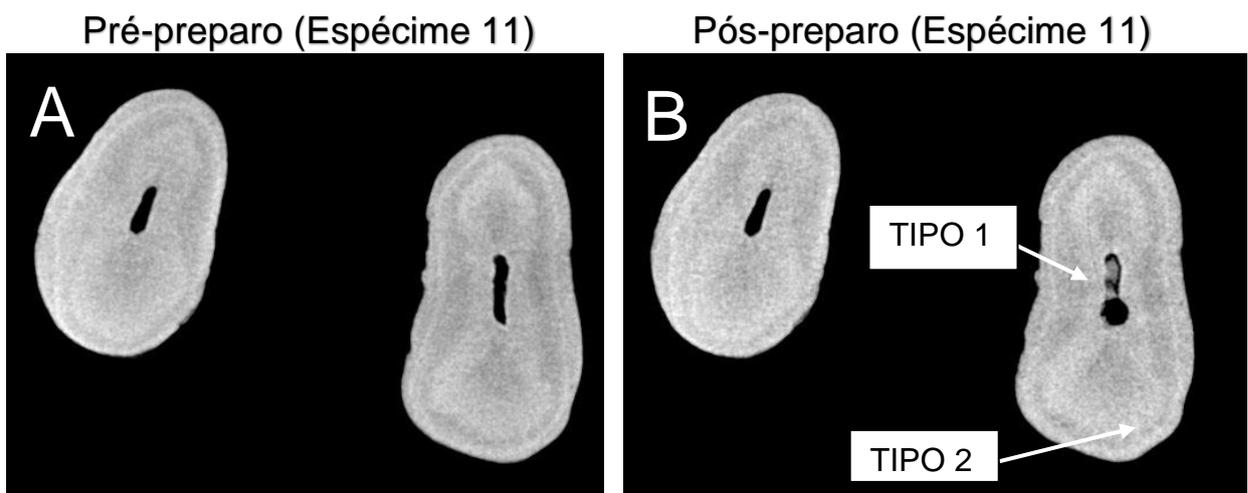
Tipo de Lima	Microfissura	Formato da raiz				Total por tipo lima		Valor de p ⁽¹⁾
		n	Reta %	n	Curva %	n	%	
Pro Taper manual	Sim	-	-	1	10,0	1	5,0	p ⁽¹⁾ = 1,000
	Não	10	100,0	9	90,0	19	95,0	
Hyflex EDM	Sim	-	-	-	-	-	-	**
	Não	10	100,0	10	100,0	20	100,0	
X1 Blue	Sim	-	-	-	-	-	-	**
	Não	10	100,0	10	100,0	20	100,0	
Rotary Sequence Blue	Sim	-	-	-	-	-	-	**
	Não	10	100,0	10	100,0	20	100,0	
Reciproc Blue	Sim	-	-	-	-	-	-	**
	Não	10	100,0	10	100,0	20	100,0	
Total das raízes	Sim	-	-	1	2,0	1	1,0	p ⁽¹⁾ = 1,000
	Não	50	100,0	49	98,0	99	99,0	
Valor de p		**		p ⁽²⁾ = 1,000		p ⁽²⁾ = 1,000		

(**) Não foi determinado devido a ocorrência de todos os valores numa única categoria

(1) Através do teste Exato de Fisher para a comparação entre os formatos da raiz

(2) Através do teste Exato de Fisher para a comparação entre os tipos de limas.

Figura 6. Seção transversal do espécime 11 pré e pós-preparo biomecânico. (A) Seção transversal sem nenhuma fissura dentinária. (B) Seção transversal mostrando uma fissura dentinária incompleta TIPO 1 e uma fissura completa TIPO 2.



Fonte: O autor, 2018.

6 CONCLUSÃO

Diante da condição deste estudo in vitro, foi possível concluir que a modelagem do canal radicular com os sistemas ProTaper Universal Manual, HyFlex EDM,

Reciproc Blue, Rotary Sequence Blue e X1 Blue File, independente do formato da raiz, não produziu microfissuras apicais.

REFERÊNCIAS

- ADORNO, C. G.; YOSHIOKA, T.; SUDA, H. Crack initiation on the apical root surface caused by three different nickel-titanium rotary files at different working lengths. **Journal of Endodontics**, v. 37, n. 4, p. 522–525, 2011.
- ADORNO, C.G.; YOSHIOKA, T.; JINDAN, P.; KOBAYASHI, C.; SUDA, H. The effect of endodontic procedures on apical crack initiation and propagation ex vivo. **International Endodontic Journal**, v.46, n.8, p. 763-768, 2013.
- ADORNO, C. G.; YOSHIOKA, T.; SUDA, H. The Effect of Root Preparation Technique and Instrumentation Length on the Development of Apical Root Cracks. **Journal of Endodontics**, v. 35, n. 3, p. 389–392, 2009.
- ADORNO, C. G.; YOSHIOKA, T.; SUDA, H. The effect of working length and root canal preparation technique on crack development in the apical root canal wall. **International Endodontic Journal**, v. 43, n. 4, p. 321–327, 2010.
- ALTMAN, D.G. Practical Statistics for Medical Research. New York: Chapman & Hall, 1991.
- 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. 982–985, 2014.
- ARSLAN, H. *et al.* Effect of ProTaper universal, endoflare, Revo-S, HyFlex coronal flaring instruments, and gates glidden drills on crack formation. **Journal of Endodontics**, v. 40, n. 10, p. 1681–1683, 2014.
- BAUMANN, M. A. Nickel-titanium: Options and challenges. **Dental Clinics of North America**, v. 48, n. 1, p. 55–67, 2004.
- BERGER, C.R.. Endodontia. São Paulo: Editora Quintessence, 2018.
- BIER, C. A. S. *et al.* The Ability of Different Nickel-Titanium Rotary Instruments To Induce Dentinal Damage During Canal Preparation. **Journal of Endodontics**, v. 35, n. 2, p. 236–238, 2009.
- BÜRKLEIN, S.; WERNEKE, M.; SCHÄFER, E. Impact of glide path preparation on the incidence of dentinal defects after preparation of severely curved root canals. **Quintessence International**, v. 49, n. 8, p. 607-613, 2018.
- BURKLEIN, S.; TSOTSIS, P.; SCHAFER, E. Incidence of dentinal defects after root canal preparation: reciprocating versus rotary instrumentation. **Journal of Endodontics**, v. 39, p. 501–504, 2013.
- CAN, E.D.; KELES, A.; ASLAN, B. Evaluation of the root filling quality of three root canal filling systems with micro-CT. **International Endodontic Journal**, 2016 [Epub ahead of print].

CEYHANLI, K. T. *et al.* Comparison of ProTaper, RaCe and Safesider instruments in the induction of dentinal microcracks: A micro-CT study. **International Endodontic Journal**, v. 49, n. 7, p. 684–689, 2016.

COELHO, M.S; CARD, S.J; TAWIL, P.Z. Light-emitting diode assessment of dentinal defects after root canal preparation with Profile, TRUShape, and WaveOne Gold systems. **Journal of Endodontics**, v.42, p.1393-1396, 2016a.

COELHO, M. S.; CARD, S. J.; TAWIL, P. Z. Visualization Enhancement of Dentinal Defects by Using Light-Emitting Diode Transillumination. **Journal of Endodontics**, v. 42, n. 7, p. 1110–1113, jul. 2016b.

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, 2015.

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, 2014.

DE-DEUS, G. *et al.* XP -endo Finisher R instrument optimizes the removal of root filling remnants in oval -shaped canals. **International Endodontic Journal**, 2019.

ELLIS, S. G. S. Incomplete tooth fracture - Proposal for a new definition. **British Dental Journal**, v. 190, n. 8, p. 424–428, 2001.

ELNAGHY, A. M. Cyclic fatigue resistance of ProTaper Next nickel-titanium rotary files. **International Endodontic Journal**, v. 47, n. 11, p. 1034–1039, 2014.

FERREIRA, L. M. *et al.* Influence of CBCT enhancement filters on diagnosis of vertical root fractures: A simulation study in endodontically treated teeth with and without intracanal posts. **Dentomaxillofacial Radiology**, v. 44, n. 5, p. 2–7, 2015.

GAMBARINI, G. *et al.* Influence of different angles of reciprocation on the cyclic fatigue of nickel-titanium endodontic instruments. **Journal of Endodontics**, v. 38, n. 10, p. 1408–1411, 2012.

GAMBARINI, G. *et al.* Cyclic fatigue analysis of twisted file rotary NiTi instruments used in reciprocating motion. **International Endodontic Journal**, v. 45, n. 9, p. 802–806, 2012.

GERGI, R.; OSTA, N.; NAAMAN, A. Dentinal crack formation during root canal preparations by the twisted file adaptive, Reciproc and WaveOne instruments. **European Journal of Dentistry**, v. 9, n. 4, p. 508, 2015.

GÜNDAY, M.; SAZAK, H.; GARIP, Y. A comparative study of three different root canal curvature measurement techniques and measuring the canal access Angle in curved canals. **Journal of Endodontics**, v.31, p. 798-800, 2005.

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

HELVACIOGLU-YIGIT, D.; AYDEMIR, S.; YILMAZ, A. Evaluation of dentinal defect formation after root canal preparation with two reciprocating systems and hand instruments: an *in vitro* study. **Biotechnol Biotechnol Equipment**, v.29, p. 368-373, 2015.

HIN, E. S. *et al.* Effects of self-adjusting file, mtwo, and protaper on the root canal wall. **Journal of Endodontics**, v. 39, n. 2, p. 262–264, 2013.

HUANG, Z. *et al.* A microcomputed tomography evaluation of the shaping ability of three thermally-treated nickel-titanium rotary file systems in curved canals. **The Journal of international medical research**, n. 56, p. 300060518801451, 2018.

IMAI, K. *et al.* Noninvasive cross-sectional visualization of enamel cracks by optical coherence tomography in vitro. **Journal of Endodontics**, v. 38, n. 9, p. 1269–1274, 2012.

KANSAL, R. *et al.* Assessment of dentinal damage during canal preparation using reciprocating and rotary files. **Journal of Endodontics**, v. 40, p. 1443–1446, 2014.

LEONARDO, M.R.; LEONARDO, R.D.T. Endodoncia: conceptos biológicos y recursos tecnológicos. São Paulo: Editora Artes Médicas, 2009.

LIU, R. *et al.* The incidence of root microcracks caused by 3 different single-file systems versus the ProTaper system. **Journal of Endodontics**, v. 39, p. 1054–1056, 2013.

MANDAVA, J. *et al.* Micro-computed tomographic evaluation of dentinal defects after root canal preparation with hyflex edm and vortex blue rotary systems. **Journal of Clinical and Experimental Dentistry**, v.10, n.9, p.844-851, 2018.

MARCELIANO-ALVES, M. F. V. *et al.* Shaping ability of single-file reciprocating and heat-treated multifile rotary systems: A micro-CT study. **International Endodontic Journal**, v. 48, n. 12, p. 1129–1136, 2015.

MORTMAN, R.E. Technologic advances in endodontics. **Dental Clinics of North America**, v.55, n. 3, p.461-480, 2011.

NISHAD, S.V.; SHIVAMURTHY, G.B. Comparative Analysis of Apical Root Crack Propagation after Root Canal Preparation at Different Instrumentation Lengths Using ProTaper Universal, ProTaper Next and ProTaper Gold Rotary Files: An Study. **Contemporary Clinical Dentistry**, v.9, n.1, p.34-38, 2018.

OLANO-DEXTRE, T.L. et al. Um novo conceito na instrumentação de canais radiculares sistema HyFlex® cm™ / A new concept in root canal instrumentation HyFlex® cm™ system. **Full Dentistry in Science**, v. 7, n. 27, p. 200-205, 2016.

OLIVEIRA, B. P. DE *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, jul. 2017.

PEDULLA, E. *et al.* Cyclic fatigue resistance of two reciprocating nickel – titanium instruments after immersion in sodium hypochlorite. **International Endodontic Journal**, v. 46, n. 2, p. 155–159, 2013.

PRICHARD, J. Rotation or reciprocation: A contemporary look at NiTi instruments? **British Dental Journal**, v. 212, n. 7, p. 345–346, 2012.

RAMAZANI N, *et al.* In vitro investigation of the cleaning efficacy, shaping ability, preparation time and file deformation of continuous Rotary, reciprocating Rotary and manual instrumentations in primary molars. **Journal of Dental Research, Dental Clinics, Dental Prospects**, v.10, p. 49-56, 2016.

RIVERA, E.M.; WALTON, R.E. *Cracking the cracked tooth code: detection and treatment of various longitudinal tooth fractures*. Chicago, IL: American Association of Endodontists. **Colleagues for Excellence Newsletter**; 2008.

ROSE, E.; SVEC, T. An Evaluation of Apical Cracks in Teeth Undergoing Orthograde Root Canal Instrumentation. **Journal of Endodontics**, v. 41, n. 12, p. 2021–2024, dez. 2015.

SATHORN, C. *et al.* Effect of Root Canal Size and External Root Surface Morphology on Fracture Susceptibility and Pattern: A Finite Element Analysis. **Journal of Endodontics**, v. 31, n. 4, p. 288-292, 2005.

SATTAPAN, B. *et al.* Defects in Rotary Nickel-Titanium Files After Clinical Use. **Journal of Endodontics**, v. 26, n. 3, p.161-165, 2000.

SELVAKUMAR, H. *et al.* Computed Tomographic Evaluation of K3 Rotary and Stainless Steel K File Instrumentation in Primary Teeth. **Journal of Clinical and Diagnostic Research**, v.10, p. 05-08, 2016.

SHEMESH, H., et al. The effects of canal preparation and filling on the incidence of dentinal defects. **International Endodontic Journal**, v42, p. 208-213, 2009.

SIM, I. G. B. *et al.* Decision Making for Retention of Endodontically Treated Posterior Cracked Teeth: A 5-year Follow-up Study. **Journal of Endodontics**, v. 42, n. 2, p. 225–229, 2016.

SIQUEIRA, J. F. *et al.* Correlative bacteriologic and micro-computed tomographic analysis of mandibular molar mesial canals prepared by self-adjusting file, reciproc, and twisted file systems. **Journal of Endodontics**, v. 39, n. 8, p. 1044–1050, 2013.

SOROS, C. *et al.* Spreader load required for vertical root fracture during lateral compaction *ex vivo*: evaluation of periodontal simulation and fracture load information. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology**, v. 106, n. 2, p. 64–70, 2008.

STRINGHETA, C.P. *et al.* Micro-computed tomographic evaluation of shaping ability of four instrumentation systems in curved root canals. **International Endodontic Journal**, v.52, n. 1, p. 1-9, 2019.

TAMSE, A. *et al.* Radiographic features of vertically fractured endodontically treated mesial roots of mandibular molars. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology**, v. 101, n. 6, p. 797–802, 2006.

USLU, G.; ÖZYÜREK, T.; YILMAZ, K. Comparison of Alterations in the Surface Topographies of HyFlex CM and HyFlex EDM Nickel-titanium Files after Root Canal Preparation: A Three-dimensional Optical Profilometry Study. **Journal of Endodontics**, v. 44, n. 1, p. 115–119, 2018.

WALIA, H.; BRANTLEY, W. A.; GERSTEIN, H. An initial investigation of the bending and torsional properties of nitinol root canal files. **Journal of Endodontics**, v. 14, n. 7, p. 346–351, 1988.

YARED, G. Canal preparation using only one Ni-Ti rotary instrument: Preliminary observations. **International Endodontic Journal**, v. 41, n. 4, p. 339–344, 2008.

YOLDAS, O. *et al.* Dentinal microcrack formation during root canal preparations by different NiTi rotary instruments and the Self-Adjusting File. **Journal of Endodontics**, v. 38, p. 232–235, 2012.

YOUNG, G.R.; PARASHOS, P.; MESSER, H.H. The principles of techniques for cleaning root canals. **Australian Dental Journal**, v. 52, n. 1, p. 52-63, 2007.

APÊNDICE A - AVALIAÇÃO DA INCIDÊNCIA DE MICROFISSURAS DO TERÇO APICAL ATRAVÉS DA MICROTOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA: ESTUDO IN VITRO.

Juliana Carneiro Leão de Guimarães Dias Martins, Estudante de Mestrado UFPE, Daniel Amancio Duarte, MSc^b, Antonio Celso Dantas Antonino, MSc, PhD^b, Carlos Menezes Aguiar, DDS, MSc, PhD^a, Andréa Cruz Câmara, DDS, MSc, PhD^a

^a Departamento de Prótese e Cirurgia BucoFacial, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil.

^b Departamento de Energia Nuclear, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil.

Autor Correspondente: Andréa Cruz Câmara, Avenida Bernardo Vieira de Melo, n.510/ap.701, Piedade, Jaboatão dos Guararapes, PE- Brasil 54410050. Email: andreaccam@yahoo.com.br Telefone: (+55) 81 9 91334936

Resumo

Introdução: O objetivo deste estudo foi avaliar a incidência de microfissuras do terço apical, através da microtomografia computadorizada: estudo in vitro. **Métodos:** Cinquenta incisivos inferiores humanos com raízes retas e cinquenta molares inferiores humanos com raízes mesiais curvas foram divididos aleatoriamente em 10 grupos experimentais, com 10 espécimes cada, de acordo com os sistemas de preparo dos canais radiculares e com o formato da raiz: G1: Sistema ProTaper Manual (canal reto); G2: Sistema ProTaper Manual (canal curvo); G3: Sistema Hyflex EDM (canal reto); G4: Sistema Hyflex EDM (canal curvo); G5: Sistema X1-Blue File (canal reto); G6: Sistema X1-Blue File (canal curvo); G7: Sistema Rotary Sequence Blue (canal reto); G8: Sistema Rotary Sequence Blue (canal curvo); G9: Sistema Reciproc Blue (canal reto) e G10: Sistema Reciproc Blue (canal curvo). Os espécimes foram avaliados através do escaneamento com microtomografia computadorizada antes e depois do preparo biomecânico. As imagens transversais geradas foram cegamente avaliadas por três examinadores para detectar a presença de microfissuras na espessura de 4mm da saída foraminal. A análise estatística da concordância intra e inter examinadores foi realizada através do teste de kappa e a comparação entre os formatos radiculares e tipos de instrumentos, através do teste Exato de Fisher. **Resultados:** A análise dos dados obtidos demonstrou que dos 100 espécimes avaliados, microfissuras apicais estavam presentes em somente 1 espécime curvo (Sistema Protaper Universal Manual), indicando que não houve diferença estatisticamente significativa ($p > 0,05$) entre técnicas de preparo dos canais radiculares e, o formato das raízes, na indução de microfissuras dentinárias. **Conclusões:** A modelagem do canal radicular com os sistemas Protaper Universal Manual, Hyflex EDM, Rotary Sequence Blue, X1 Blue File e Reciproc Blue, independentemente do formato da raiz, não produziu microfissuras apicais.

Descritores: Endodontia. Instrumentação. Canal radicular. Tomografia computadorizada.

Introdução

A modelagem do canal radicular foi sugerida como um fator contribuinte à indução de defeitos dentinários (1-3). Alguns estudos sugeriram que o afunilamento

da preparação do canal radicular poderia ser um fator importante na geração de falhas dentinárias (4-6) e que quanto mais dentina radicular for removida no preparo endodôntico, maior será a presença de raiz fraturada (7). Somando-se a isso, durante o preparo biomecânico, a modelagem do canal é realizada através do contato dos instrumentos com as paredes dentinárias e este contato gera inúmeras concentrações momentâneas de estresse na dentina, que são transmitidas em direção à superfície radicular. Essas concentrações de estresse podem provocar o aparecimento de microfissuras dentinárias (5).

A relação entre o surgimento de microfissuras dentinárias e o preparo dos canais radiculares, passou a receber muita atenção da comunidade endodôntica internacional, a contar dos estudos de Bier et al. (5) e Shemesh et al. (8). E desde então, muitos estudos tem confirmado a indução de defeitos dentinários como consequência do preparo dos canais radiculares (6, 9-16).

À vista disso, o diagnóstico precoce de microfissuras dentinárias é de extrema importância para prevenir complicações (17), uma vez que a propagação de uma microfissura pode levar a uma fratura de raiz vertical e, como consequência, a perda do elemento dentário (7, 18, 19).

Nos últimos anos, a microtomografia computadorizada (micro-CT) surgiu como um método de imagem de alta resolução, amplamente utilizado nas pesquisas endodônticas (15, 20-22). A micro-CT é um método de imagem não destrutivo e não invasivo, que fornece imagens bi e tridimensionais de tecidos biológicos internos (22, 23, 24), com uma definição muito mais elevada do que a estereomicroscopia (25).

Estudos anteriores que utilizaram a micro-CT para investigar a influência das técnicas de preparação do canal radicular na ocorrência de microfissuras dentinárias, apontaram resultados contraditórios e muitas vezes inconclusivos, quanto aos vários aspectos relacionados à indução dessas microfissuras (22).

Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a incidência de microfissuras apicais após a modelagem dos canais radiculares com sistemas de limas manuais, rotatórias e reciprocantes, em diferentes formatos radiculares, através da análise da micro-CT, com intuito de fornecer um maior entendimento sobre os fatores associados à indução de microfissuras dentinárias.

Materiais e Métodos

Seleção e Preparo das Amostras

Este estudo foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil. Foi um estudo laboratorial experimental *in vitro* utilizando dentes humanos obtidos do Banco de Dentes Humanos da UFPE. Foram adquiridos 100 elementos dentários com processo de rizogênese concluído, sendo: 50 incisivos inferiores unirradiculares e 50 molares inferiores com raízes mesiais com curvatura entre 35° e 60°, determinado segundo a técnica CAA (Canal Access Angle) descrita por Günday et al. (24). Tomadas radiográficas foram realizadas a partir dos planos vestibulolingual e mesiodistal, com intenção de visualização dos números de canais. Em seguida, com o auxílio de um estereomicroscópio (Stemi 2000-C, Zeiss, São Paulo, Brasil), a superfície radicular externa dos espécimes foi inspecionada em ampliação de 40X, para excluir aqueles com qualquer defeito dentinário externo. Dentes com tratamento endodôntico prévio, reabsorção interna ou externa, ou cáries radiculares foram excluídos do estudo. Para assegurar a padronização, as porções coronárias dos espécimes foram seccionadas a aproximadamente 13 mm do ápice usando-se uma serra de baixa velocidade (Isomet; Buehler Ltd, Lake Bluff, IL) sob refrigeração a água. Para todos os dentes, a largura do canal próximo ao ápice foi compatível com a lima endodôntica K de tamanho #10 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça). Utilizando esses critérios, um total de 100 espécimes foram selecionados.

Subsequentemente, os espécimes foram escaneados utilizando a microtomografia computadorizada (XTH225ST; Nikon, Tóquio, Japão) a uma resolução isotrópica de 20 µm e filtrados com um filtro de alumínio de 1 mm de espessura. Uma calibração do detector foi realizada antes dos escaneamentos para reduzir artefatos em formas de anel e minimizar o efeito de endurecimento do feixe de luz. As imagens de cada espécime foram reconstruídas com o programa CT Pro 3D v.XT3.1.3 (Nikon Metrology NV, Tring, Reino Unido). O software VGStudio MAX v.2.2 (Volume Graphics, Heidelberg, Alemanha) foi utilizado para suavizar as imagens por meio da aplicação do filtro de Gauss, e para fornecer cortes transversais da estrutura interna das raízes.

Preparo dos Canais Radiculares

A distância entre o plano de referência e o forame apical (FA) das raízes foi determinada através da inserção de uma lima tipo K #10 no canal até que a ponta da lima se tornasse visível no FA. Para simular o ligamento periodontal e o osso alveolar, as superfícies das raízes foram revestidas por uma fina película de material de impressão à base de silicone e embebidas em resina acrílica (20).

Os espécimes foram divididos aleatoriamente em 10 grupos experimentais, com 10 espécimes cada, de acordo com os sistemas de preparo dos canais radiculares e com o formato da raiz: G1: Sistema ProTaper Manual (canal reto); G2: Sistema ProTaper Manual (canal curvo); G3: Sistema Hyflex EDM (canal reto); G4: Sistema Hyflex EDM (canal curvo); G5: Sistema X1-Blue File (canal reto); G6: Sistema X1-Blue File (canal curvo); G7: Sistema Rotary Sequence Blue (canal reto); G8: Sistema Rotary Sequence Blue (canal curvo); G9: Sistema Reciproc Blue (canal reto) e G10: Sistema Reciproc Blue (canal curvo). As instrumentações foram finalizadas 1 mm aquém do FA (FA-1mm).

A guia de penetração foi realizada utilizando a sequência das limas tipo K#06, K#08, K#10 e K#15 (Dentsply Maillefer) até o comprimento de trabalho de cada grupo. Os instrumentos ProTaper Universal Manual foram empregados de acordo com as instruções do fabricante e com o instrumento apical final F2 no comprimento real de trabalho. Os instrumentos HyFlex EDM foram empregados numa sequência coroa-ápice utilizando: instrumento 25/12 (dois terços do comprimento de trabalho), e instrumentos 10/05, e 25/~ (no comprimento real de trabalho). O instrumento X1-Blue File (25/06) foi utilizado em um movimento lento de avanço e recuo de aproximadamente 3 mm de amplitude com uma leve pressão apical até que o comprimento real de trabalho fosse atingido. Os instrumentos Rotary Sequence Blue foram empregados numa sequência coroa-ápice utilizando: 15/04 (dois terços do comprimento de trabalho) e instrumentos 20/06 e 25/06 (no comprimento real de trabalho). O instrumento R25 Reciproc Blue (25.08) foi utilizado em um movimento lento de avanço e recuo de aproximadamente 3 mm de amplitude com uma leve pressão apical até que o comprimento real de trabalho fosse atingido.

Todos os instrumentos rotatórios e reciprocantes foram operados utilizando um motor de baixo torque (X-Smart Plus, Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça). Os instrumentos HyFlex EDM foram utilizados com uma velocidade de rotação de 500 rpm e 2,5 N/cm de torque e os instrumentos Rotary Sequence Blue foram utilizados

com uma velocidade de rotação de 400 rpm e 2N/cm de torque. Para o instrumento X1-Blue File e Reciproc Blue o motor foi definido no programa Reciproc All.

Todas as instrumentações foram realizadas por um único operador, e cada instrumento foi utilizado para preparar apenas 1 canal. Foi utilizado resina composta para fixar os cursores de borracha e evitar deslocamentos durante a instrumentação. A irrigação foi realizada utilizando um total de 15 mL de solução à base de hipoclorito de sódio a 1% (Phormula Ativa, Recife, Brasil) por canal, administrados utilizando uma seringa plástica descartável de 3 mL e uma agulha NaviTip (Ultradent, Utah, USA) de calibre 30 antes, durante e após o preparo biomecânico. A irrigação final foi realizada utilizando 5 mL de água destilada. Após as instrumentações, os espécimes foram novamente escaneados com a micro-CT (escaneamentos pós-instrumentação) utilizando os mesmos parâmetros aplicados para o escaneamento microtomográfico inicial.

Avaliação de Microfissuras

As secções transversais de micro-CT geradas antes e após a instrumentação dos canais radiculares foram cegamente avaliadas por três examinadores, especialistas em endodontia, para detectar a presença de microfissuras na espessura de 4 mm da saída foraminal. Uma microfissura foi definida como: **tipo 1 - fissura incompleta** (linha que se estende da parede do canal até a dentina sem atingir a superfície externa da raiz); **tipo 2 - fissura completa** (linha que se estende da parede do canal radicular para a superfície externa) e **tipo 3 - linha rachada** (outras linhas que se estendam da superfície externa para a dentina, mas não atinjam a parede do canal)(1).

Caso uma linha de microfissura fosse detectada na imagem de pós-instrumentação, a imagem da pré-instrumentação correspondente também seria inspecionada para verificar a pré-existência de um defeito dentinário (25). As imagens foram reavaliadas após um intervalo de 4 semanas.

Resultados

A análise dos dados obtidos demonstrou que dos 100 espécimes avaliados, microfissuras apicais estavam presentes em somente 1 espécime curvo (Sistema

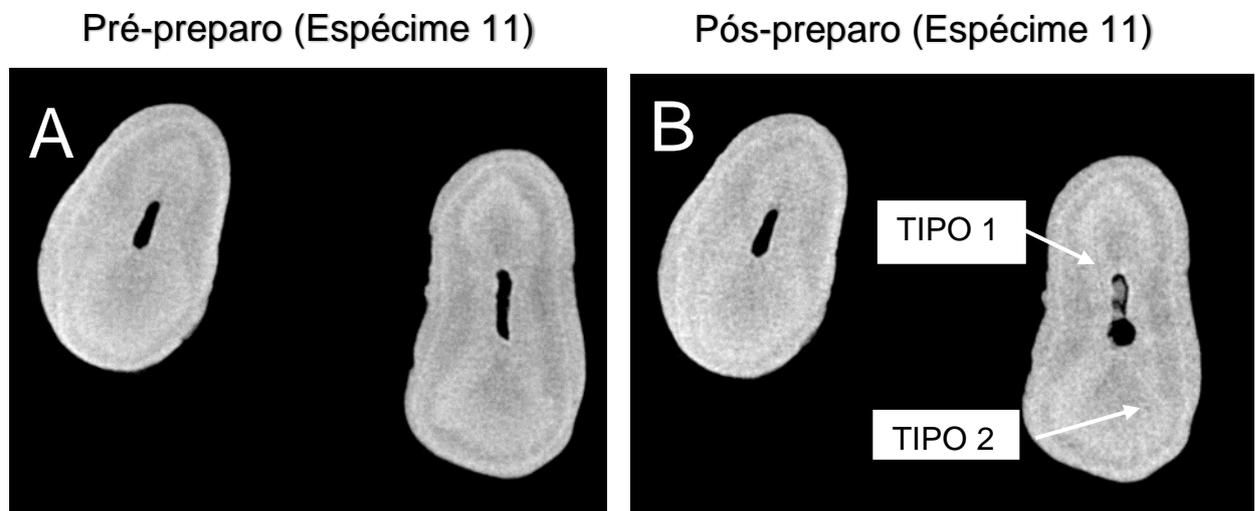
Protaper Universal Manual) (Tabela 1.) (Figura 1.). O teste exato de Fisher não registrou diferença estatisticamente significativa ($p > 0,05$) entre técnicas de preparo dos canais radiculares com os sistemas ProTaper Universal Manual, Hyflex EDM, Rotary Sequence Blue, X1 Blue File e Reciproc Blue e, o formato das raízes, na indução de microfissuras apicais.

Os resultados relativos à concordância intra e inter-examinadores em relação a presença ou ausência de microfissuras foi de 100%. Dessa forma, a concordância foi perfeita ($kappa = 1,00$) intra-examinadores e entre os examinadores 1, 2 e 3.

Tabela 1 – Frequência de espécimes com a presença de microfissura segundo o tipo de instrumento, formato das raízes, número e tipo de fissuras e por examinador.

Tipo de Instrumento	Formato da raiz	Espécime	Número de fissuras e tipo		Examinadores que Presenciaram
ProTaper Manual	Curva	1	Uma tipo 1	Uma Tipo 2	1, 2 e 3

Figura 1. Seção transversal do espécime 11 pré e pós-preparo biomecânico. (A) Seção transversal sem nenhuma fissura dentinária. (B) Seção transversal mostrando uma fissura dentinária incompleta TIPO 1 e uma fissura completa TIPO 2.



No presente estudo, foi avaliada a presença de microfissuras apicais após a instrumentação do canal radicular utilizando os sistemas ProTaper Universal Manual, Hyflex EDM, Rotary Sequence Blue, X1 Blue File e Reciproc Blue, em formatos radiculares distintos. Esses sistemas manuais, rotatórios e reciprocantes foram selecionados em virtude dos vários resultados contrastantes no que diz respeito à incidência de microfissuras dentinárias após o preparo biomecânico dos canais radiculares (1, 2, 4, 5, 12, 13, 22, 25, 27, 29-31).

Estudos prévios demonstraram uma alta frequência de defeitos dentinários causados pelo preparo biomecânico dos canais radiculares (1, 2, 4, 5, 9, 12-16, 27, 28). Em alguns desses trabalhos foi observada que a modelagem dos canais radiculares com instrumentos reciprocantes produziram mais fissuras dentinárias do que a modelagem com instrumentos mecânico-rotatórios (1, 27). Todavia, em outras pesquisas, os instrumentos de rotação contínua é que foram mais associados ao aparecimento de fissuras dentinárias (2, 4). Em contrapartida, Ceyhanli et al. (29) verificaram que todos os sistemas de instrumentação rotatórios e reciprocantes testados foram capazes de gerar microfissuras. Esses achados divergem dos resultados encontrados no presente estudo, visto que não foi verificada correlação entre as técnicas de preparo dos canais radiculares e a formação de fissuras dentinárias.

Outra controvérsia encontrada é quanto à incidência de fissuras dentinárias causadas por instrumentos manuais. De acordo com Bier et al. (5), Yoldas et al. (12) e Hin et al. (13), instrumentos manuais não provocam fissuras dentinárias. No presente trabalho foi observado a presença de microfissuras em somente um espécime curvo, cuja instrumentação foi realizada com o sistema ProTaper Universal Manual, porém o resultado não teve relevância estatística. Investigações anteriores relataram que a incidência de defeitos dentinários em canais radiculares preparados com instrumentos endodônticos rotatórios ou reciprocantes não diferiu daqueles encontrados quando instrumentos manuais foram utilizados (3, 10, 28).

Os resultados da pesquisa atual contrastam com a investigação anterior considerando que independente da técnica empregada para a instrumentação dos canais radiculares e do formato radicular, não houve diferença estatística significativa sobre a associação desses fatores com a formação de microfissuras dentinárias. Esse

resultado corrobora com os estudos de De-Deus et al. (25, 30) e Lim et al. (31), que verificaram uma falta de relação causal entre microfissuras dentinárias e o preparo do canal radicular, seja utilizando instrumentos mecânico-rotatórios ou recíprocos.

Grande parte das evidências encontradas na literatura correlacionando a instrumentação biomecânica dos canais radiculares e a incidência de defeitos dentinários estavam baseadas primordialmente nos métodos de seccionamento radicular e observação direta com estereomicroscópio (25). Esse método tem como base um grupo de dentes não instrumentados que serviam como controle negativo e que em quase todos os estudos, não apresentaram microfissuras após serem seccionados e observados ao estereomicroscópio (1, 2, 4).

Contudo, essa metodologia tem apresentado falhas, visto que estudos recentes utilizando a micro-CT, verificaram a presença de defeitos dentinários, mesmo após os espécimes terem sido examinados com o estereomicroscópio e não haver identificação de fissuras. O número total de defeitos pré-operatórios encontrados nestes estudos variou de 15% a 34,62%, indicando que somente a observação das superfícies radiculares sob ampliação microscópica, não é suficiente para garantir que as amostras estejam livres de microfissuras (22, 25, 29, 30).

No presente trabalho, foi utilizada a micro-CT para avaliar a presença de microfissuras do terço apical. Este método altamente preciso, oferece imagens de alta resolução, que permitem uma avaliação exata da presença de microfissuras antes e após o preparo biomecânico dos canais radiculares, dispensando o uso de um grupo controle, pois não existe a necessidade de seccionamento dos espécimes (22, 25).

Outro fator de controvérsias pode estar na seleção da amostra. Embora a maioria dos estudos prévios tenham usado espécimes unirradiculares (1, 4, 5, 8, 9), na presente pesquisa, foram utilizados molares inferiores, que possuem raízes curvas. Estes canais têm anatomia estreita, o que poderia resultar em mais pressão dos instrumentos na superfície dentinária durante a preparação biomecânica, e, como consequência, aumentar a incidência de microfissuras (25). No entanto, mesmo com a presença dessa característica anatômica, a quantidade de defeitos dentinários gerados após o preparo biomecânico, não teve significância estatística. Esse resultado contrasta com Ceyhanli et al. (29), que relataram que os procedimentos de instrumentação realizados em raízes curvas, de primeiros molares inferiores,

aumentaram significativamente o número de microfissuras dentinárias verificadas nas imagens de micro-CT pós-instrumentação.

Enquanto Sathorn et al. (7) consideravam que quanto mais dentina removida durante a instrumentação, maior era a probabilidade de fissuras radiculares, outros estudos propuseram que a conicidade da preparação do canal poderia ser um fator contribuinte na indução de defeitos dentinários (4, 5) e também que o potencial de promover defeitos dentinários pode estar relacionado ao design do instrumento (12) . Porém, como observado nesta pesquisa, mesmo utilizando diferentes preparos cônicos e instrumentos com designs distintos, não houve resultado estatisticamente significativo, no que diz respeito à formação de microfissuras pós-preparo biomecânico. Esse achado corrobora com investigações prévias que consideraram que a relação entre as técnicas de preparo dos canais radiculares e a incidência de microfissuras não pôde ser comprovada (3, 22, 25).

A quantidade de dentina removida durante o preparo biomecânico foi apenas um de muitos outros fatores associados à suscetibilidade a fissuras. Parâmetros como curvatura da raiz, além do tamanho e forma do canal podem interferir em conjunto e influenciar a suscetibilidade e o padrão da fratura (7). Entretanto, no presente estudo, o formato radicular e o grau de curvatura das raízes não foram associados ao aparecimento de fissuras dentinárias. Rose (32) considerou como fator limitante das avaliações de incidência de fissuras dentinárias, a existência de uma grande variação na anatomia dentária, tornando difícil a padronização dos estudos. Adicionado a isto, as condições de armazenamento e desidratação dos dentes extraídos utilizados nas pesquisas in vitro, podem criar ou propagar defeitos dentinários (31, 33).

A instrumentação in vitro, devido à sua grande diferença em relação às circunstâncias clínicas, é uma limitação e um potencial fator de dúvida (34). Neste estudo, foi utilizado um material de impressão à base de silicone e resina acrílica para simular o ligamento periodontal e o osso alveolar, com intuito de simular a situação clínica. Entretanto, segundo Soros et al. (35) nenhum material artificial tem a capacidade de absorver as forças igualmente ao ligamento periodontal natural. Oliveira et al. (22) sugeriram a importância de investigações futuras utilizando um modelo de cadáver humano recente in situ, combinado com um método de geração

de imagens não destrutivo, com a intenção de proporcionar uma melhor compreensão sobre os vários aspectos relacionados à indução de defeitos dentinários.

Dentro das limitações deste estudo in vitro, pode-se concluir que a modelagem do canal radicular com os sistemas ProTaper Universal Manual, HyFlex EDM, Rotary Sequence Blue, X1 Blue File e Reciproc Blue, independente do formato radicular, não produziu microfissuras do terço apical.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer ao Laboratório de Tomografia Computadorizada (LTC_RX) do Departamento de Energia Nuclear da Universidade Federal de Pernambuco pelos escaneamentos com a microtomografia computadorizada.

Os autores negam quaisquer conflitos de interesse relacionados a este estudo.

Referências

1. Bürklein S, Tsotsis P, Schäfer E. Incidence of dentinal defects after root canal preparation: reciprocating versus rotary instrumentation. J Endod 2013; 39:501-4.
2. Kansal R, Rajput A, Talwar S, et al. Assessment of dentinal damage during canal preparation using reciprocating and rotary files. J Endod 2014; 40:1443-6.
3. 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.
4. 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(8):1054-6.
5. Bier CA, Shemesh H, Tanomaru-Filho M, et al. The ability of different nickel-titanium rotary instruments to induce dentinal damage during canal preparation. J Endod 2009; 35:236-8.

6. Arslan H, Karataş E, Capar ID, et al. Effect of ProTaper Universal, Endoflare, Revo-S, HyFlex coronal flaring instruments, and Gates Glidden drills on crack formation. *J Endod* 2014; 40:1681-3.
7. Sathorn C, Palamara JE, Palamara D, et al. Effect of root canal size and external root surface morphology on fracture susceptibility and pattern: a finite element analysis. *J Endod* 2005; 31:288-92.
8. Shemesh H, Bier CA, Wu MK, Tanomaru-Filho M, Wesselink PR. The effects of canal preparation and filling on the incidence of dentinal defects. *Int Endod J*. 2009;42(3):208-13.
9. Adorno CG, Yoshioka T, Suda H. The effect of root preparation technique and instrumentation length on the development of apical root cracks. *J Endod* 2009; 35:389-92.
10. Adorno CG, Yoshioka T, Suda H. The effect of working length and root canal preparation technique on crack development in the apical root canal wall. *Int Endod J* 2010; 43:321-7.
11. Adorno CG, Yoshioka T, Suda H. Crack initiation on the apical root surface caused by three different nickel-titanium rotary files at different working lengths. *J Endod* 2011; 37:522-5.
12. Yoldas O, Yilmaz S, Atakan G, et al. Dentinal microcrack formation during root canal preparations by different NiTi rotary instruments and the self-adjusting file. *J Endod* 2012; 38:232-5.
13. Hin ES, Wu MK, Wesselink PR, et al. Effects of self-adjusting file, Mtwo, and ProTaper on the root canal wall. *J Endod* 2013; 39:262-4.
14. Bürklein S, Werneke M., Schäfer E. Impact of glide path preparation on the incidence of dentinal defects after preparation of severely curved root canals. *Quitessence International* 2018; 49(8):607-613.

15. Mandava J. et al. Micro-computed tomographic evaluation of dentinal defects after root canal preparation with hyflex edm and vortex blue rotary systems. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry* 2018; 10(9):844-85.
16. Nishad SV, Shivamurthy GB. Comparative Analysis of Apical Root Crack Propagation after Root Canal Preparation at Different Instrumentation Lengths Using ProTaper Universal, ProTaper Next and ProTaper Gold Rotary Files: An Study. *Contemporary Clinical Dentistry* 2018; 9(1):34-38.
17. Rivera EM, Walton RE. Cracking the cracked tooth code: Detection and treatment of various longitudinal tooth fractures. *American Association of Endodontists. Colleagues for Excellence, Newsletter, Summer; 2008.*
18. Tamse A, Kaffe I, Lustig J, et al. Radiographic features of vertically fractured endodontically treated mesial roots of mandibular molars. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2006; 101:797-802.
19. Adorno CG, Yoshioka T, Jindan P, Kobayashi C, Suda H. The effect of endodontic procedures on apical crack initiation and propagation ex vivo. *Int Endod J.* 2013;46(8):763-8.
20. Siqueira JF Jr, Alves FR, Versiani MA, et al. Correlative bacteriologic and micro-computed tomographic analysis of mandibular molar mesial canals prepared by self-adjusting file, reciproc, and twisted file systems. *J Endod* 2013; 39:1044-50.
21. Can ED, Keleş A, Aslan B. Evaluation of the root filling quality of three root canal filling systems with micro-CT. *Int Endod J* 2016 Apr 2.
<http://dx.doi.org/10.1111/iej.12644>. [Epub ahead of print]
22. 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 Jul; 43(7):1143–7.

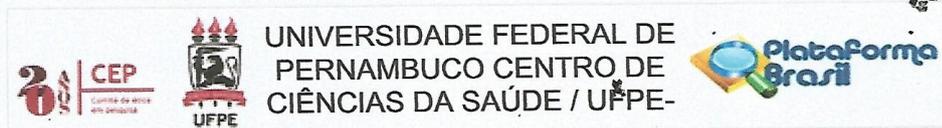
23. Huang Z, Quan J, Liu J, Zhang W, Zhang X, Hu X. A microcomputed tomography evaluation of the shaping ability of three thermally-treated nickel-titanium rotary file systems in curved canals. *J Int Med Res.* 2018;(56):1-10.
24. Versiani MA, Pecora JD, Sousa-Neto MD. Flat-oval root canal preparation with selfadjusting file instrument: a micro-computed tomography study. *J Endod.* 2011;37(7):1002–7.
25. 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.
26. Günday M, Sazak H, Garip Y. A comparative study of three diferente root canal curvature measurement techniques and measuring the canal access Angle in curved canals. *J. Endod* 2005; 31:798-800.
27. 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.
28. Helvacioğlu-Yigit D, Aydemir S, Yılmaz A. Evaluation of dentinal defect formation after root canal preparation with two reciprocating systems and hand instruments: an in vitro study. *Biotechnol Biotechnol Equip* 2015; 29:368-373.
29. Ceyhanli KT, Erdilek N, Tatar I, et al. Comparison of ProTaper, RaCe and Safesider instruments in the induction of dentinal microcracks: a micro-CT study. *Int Endod J* 2016; 49:684-9.
30. De-Deus G, Belladonna FG, Souza EM, et al. Micro-computed Tomographic Assessment on the Effect of ProTaper Next and Twisted File Adaptive Systems on Dentinal Cracks. *J Endod* 2015; 41:1116-9.
31. Lim H, Li FC, Friedman S, et al. Residual Microstrain in Root Dentin after Canal Instrumentation Measured with Digital Moiré Interferometry. *J Endod* 2016; 42:1397-402.
32. Rose E, Svec T. An Evaluation of Apical Cracks in Teeth Undergoing Orthograde Root Canal Instrumentation. *J Endod* 2015; 41:2021-4.

33. Coelho MS, Card SJ, Tawil PZ. Visualization Enhancement of Dentinal Defects by Using Light-Emitting Diode Transillumination. *J Endod* 2016; 42:1110-3.

34. Ramazani N, *et al.* In vitro investigation of the cleaning efficacy, shaping ability, preparation time and file deformation of continuous Rotary, reciprocating Rotary and manual instrumentations in primary molars. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects* 2016; 10: 49-56.

35. Soros C, Zinelis S, Lambrianidis T, *et al.* Spreader load required for vertical root fracture during lateral compaction ex vivo: evaluation of periodontal simulation and fracture load information. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2008; 106:6 4-70.

ANEXO A – PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: AVALIAÇÃO DA INCIDÊNCIA DE FRATURA DOS TERÇOS APICAIS ATRAVÉS DA MICRO-TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA.

Pesquisador: JULIANA CARNEIRO LEAO DE GUIMARAES DIAS MARTINS

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 83339418.5.0000.5208

Instituição Proponente: CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.628.105

Apresentação do Projeto:

O projeto de pesquisa intitulado "AVALIAÇÃO DA INCIDÊNCIA DE FRATURA DOS TERÇOS APICAIS ATRAVÉS DA MICRO-TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA" será desenvolvido pela mestranda Juliana Carneiro Leão de Guimarães Dias Martins no Programa de Pós-Graduação em Odontologia do Centro de Ciências da Saúde da UFPE, sob a orientação Dra. Andréa Cruz Câmara. O estudo será realizado com 80 incisivos inferiores unirradiculares humanos obtidos no Banco de Dentes Humanos da UFPE, recentemente extraídos. Serão divididos aleatoriamente em 8 grupos experimentais (n = 08), com 10 dentes cada, de acordo com os sistemas e os comprimentos de trabalho utilizados para a preparação do canal radicular: Hyflex EDM (Coltene, Ohio, USA), Rotary Sequence Blue (MK Life, Porto Alegre, RS), Reciproc Blue (VDW, Munich, Alemanha) e X1 Blue (MK Life, Porto Alegre, RS). O preparo biomecânico será realizado com o comprimento de trabalho no ápice foraminal (AF) e 1 mm abaixo do AF (AF-1 mm) em todos os sistemas pesquisados. Os dentes serão avaliados através da microtomografia computadorizada em uma resolução isotrópica de 14mm antes e depois da instrumentação dos canais radiculares e as imagens transversais geradas serão avaliadas para detectar microfissuras nos terços apicais das raízes. Após o término do experimento, os elementos dentários serão devolvidos ao Banco de Dentes Humanos da Universidade Federal de Pernambuco.

Endereço: Av. da Engenharia s/nº - 1º andar, sala 4, Prédio do Centro de Ciências da Saúde
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 50.740-600
UF: PE **Município:** RECIFE
Telefone: (81)2126-8588 **E-mail:** cepccs@ufpe.br

ANEXO B – NORMAS DA REVISTA

Normas do periódico Journal of Endodontics

[Guidelines for Publishing Papers in the JOE](#)

Writing an effective article is a challenging assignment. The following guidelines are provided to assist authors in submitting manuscripts.

The *JOE* publishes original and review articles related to the scientific and applied aspects of endodontics. Moreover, the *JOE* has a diverse readership that includes full-time clinicians, full-time academicians, residents, students and scientists. Effective communication with this diverse readership requires careful attention to writing style.

[General Points on Composition](#)

[Organization of Original Research Manuscripts](#)

[Manuscripts Category Classifications and Requirements](#)

[Available Resources](#)

1. General Points on Composition

1. Authors are strongly encouraged to analyze their final draft with both software (e.g., spelling and grammar programs) and colleagues who have expertise in English grammar. References listed at the end of this section provide a more extensive review of rules of English grammar and guidelines for writing a scientific article. Always remember that clarity is the most important feature of scientific writing. Scientific articles must be clear and precise in their content and concise in their delivery since their purpose is to inform the reader. The Editor reserves the right to edit all manuscripts or to reject those manuscripts that lack clarity or precision, or have unacceptable grammar or syntax. The following list represents common errors in manuscripts submitted to the *JOE*:

2. The paragraph is the ideal unit of organization. Paragraphs typically start with an introductory sentence that is followed by sentences that describe additional detail or examples. The last sentence of the paragraph provides conclusions and forms a transition to the next paragraph. Common problems include one-sentence paragraphs, sentences that do not develop the theme of the paragraph (see also section “c” below), or sentences with little to no transition within a paragraph.

3. Keep to the point. The subject of the sentence should support the subject of the paragraph. For example, the introduction of authors' names in a sentence changes the subject and lengthens the text. In a paragraph on sodium hypochlorite, the sentence, "In 1983, Langeland et al., reported that sodium hypochlorite acts as a lubricating factor during instrumentation and helps to flush debris from the root canals" can be edited to: "Sodium hypochlorite acts as a lubricant during instrumentation and as a vehicle for flushing the generated debris (Langeland et al., 1983)." In this example, the paragraph's subject is sodium hypochlorite and sentences should focus on this subject.

4. Sentences are stronger when written in the active voice, *i.e.*, the subject performs the action. Passive sentences are identified by the use of passive verbs such as "was," "were," "could," etc. For example: "Dexamethasone was found in this study to be a factor that was associated with reduced inflammation," can be edited to: "Our results demonstrated that dexamethasone reduced inflammation." Sentences written in a direct and active voice are generally more powerful and shorter than sentences written in the passive voice.

5. Reduce verbiage. Short sentences are easier to understand. The inclusion of unnecessary words is often associated with the use of a passive voice, a lack of focus or run-on sentences. This is not to imply that all sentences need be short or even the same length. Indeed, variation in sentence structure and length often helps to maintain reader interest. However, make all words count. A more formal way of stating this point is that the use of subordinate clauses adds variety and information when constructing a paragraph. (This section was written deliberately with sentences of varying length to illustrate this point.)

6. Use parallel construction to express related ideas. For example, the sentence, "Formerly, endodontics was taught by hand instrumentation, while now rotary instrumentation is the common method," can be edited to "Formerly, endodontics was taught using hand instrumentation; now it is commonly taught using rotary instrumentation." The use of parallel construction in sentences simply means that similar ideas are expressed in similar ways, and this helps the reader recognize that the ideas are related.

7. Keep modifying phrases close to the word that they modify. This is a common problem in complex sentences that may confuse the reader. For example, the

statement, “Accordingly, when conclusions are drawn from the results of this study, caution must be used,” can be edited to “Caution must be used when conclusions are drawn from the results of this study.”

8. To summarize these points, effective sentences are clear and precise, and often are short, simple and focused on one key point that supports the paragraph’s theme.

9. Authors should be aware that the *JOE* uses iThenticate, plagiarism detection software, to assure originality and integrity of material published in the *Journal*. The use of copied sentences, even when present within quotation marks, is highly discouraged. Instead, the information of the original research should be expressed by new manuscript author’s own words, and a proper citation given at the end of the sentence. Plagiarism will not be tolerated and manuscripts will be rejected, or papers withdrawn after publication based on unethical actions by the authors. In addition, authors may be sanctioned for future publication.

2. Organization of Original Research Manuscripts

Please Note: All abstracts should be organized into sections that start with a one-word title (in bold), i.e., *Introduction, Methods, Results, Conclusions, etc.*, and should not exceed more than 250 words in length.

1. Title Page: The title should describe the major emphasis of the paper. It should be as short as possible without loss of clarity. Remember that the title is your advertising billboard—it represents your major opportunity to solicit readers to spend the time to read your paper. It is best not to use abbreviations in the title since this may lead to imprecise coding by electronic citation programs such as PubMed (e.g., use “sodium hypochlorite” rather than NaOCl). The author list must conform to published standards on authorship (see authorship criteria in the Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical Journals at www.icmje.org). The manuscript title, name and address (including email) of one author designated as the corresponding author. This author will be responsible for editing proofs and ordering reprints when applicable. The contribution of each author should also be highlighted in the cover letter.

2. Abstract: The abstract should concisely describe the purpose of the study, the hypothesis, methods, major findings and conclusions. The abstract should describe the new contributions made by this study. The word limitations (250 words) and the

wide distribution of the abstract (e.g., PubMed) make this section challenging to write clearly. This section often is written last by many authors since they can draw on the rest of the manuscript. Write the abstract in past tense since the study has been completed. Three to ten keywords should be listed below the abstract.

3. Introduction: The introduction should briefly review the pertinent literature in order to identify the gap in knowledge that the study is intended to address and the limitations of previous studies in the area. The purpose of the study, the tested hypothesis and its scope should be clearly described. Authors should realize that this section of the paper is their primary opportunity to establish communication with the diverse readership of the *JOE*. Readers who are not expert in the topic of the manuscript are likely to skip the paper if the introduction fails to succinctly summarize the gap in knowledge that the study addresses. It is important to note that many successful manuscripts require no more than a few paragraphs to accomplish these goals. Therefore, authors should refrain from performing extensive review of the literature, and discussing the results of the study in this section.

4. Materials and Methods: The objective of the materials and methods section is to permit other investigators to repeat your experiments. The four components to this section are the detailed description of the materials used and their components, the experimental design, the procedures employed, and the statistical tests used to analyze the results. The vast majority of manuscripts should cite prior studies using similar methods and succinctly describe the essential aspects used in the present study. Thus, the reader should still be able to understand the method used in the experimental approach and concentration of the main reagents (e.g., antibodies, drugs, etc.) even when citing a previously published method. The inclusion of a “methods figure” will be rejected unless the procedure is novel and requires an illustration for comprehension. If the method is novel, then the authors should carefully describe the method and include validation experiments. If the study utilized a **commercial product**, the manuscript must state that they either followed manufacturer’s protocol *or* specify any changes made to the protocol. If the study used an ***in vitro* model** to simulate a clinical outcome, the authors must describe experiments made to validate the model, or previous literature that proved the clinical relevance of the model. Studies on **humans** must conform to the Helsinki Declaration of 1975 and state that the institutional IRB/equivalent committee(s)

approved the protocol and that informed consent was obtained after the risks and benefits of participation were described to the subjects or patients recruited. Studies involving **animals** must state that the institutional animal care and use committee approved the protocol. The statistical analysis section should describe which tests were used to analyze which dependent measures; p-values should be specified. Additional details may include randomization scheme, stratification (if any), power analysis as a basis for sample size computation, drop-outs from clinical trials, the effects of important confounding variables, and bivariate versus multivariate analysis.

5. Results: Only experimental results are appropriate in this section (*i.e.*, neither methods, discussion, nor conclusions should be in this section). Include only those data that are critical for the study, as defined by the aim(s). Do not include all available data without justification; any repetitive findings will be rejected from publication. All Figures, Charts and Tables should be described in their order of numbering with a brief description of the major findings. Author may consider the use of supplemental figures, tables or video clips that will be published online. Supplemental material is often used to provide additional information or control experiments that support the results section (*e.g.*, microarray data).

6. Figures: There are two general types of figures. The first type of figures includes photographs, radiographs or micrographs. Include only essential figures, and even if essential, the use of composite figures containing several panels of photographs is encouraged. For example, most photo-, radio- or micrographs take up one column-width, or about 185 mm wide X 185 mm tall. If instead, you construct a two columns-width figure (*i.e.*, about 175 mm wide X 125 mm high when published in the *JOE*), you would be able to place about 12 panels of photomicrographs (or radiographs, etc.) as an array of four columns across and three rows down (with each panel about 40 X 40 mm). This will require some editing to emphasize the most important feature of each photomicrograph, but it greatly increases the total number of illustrations that you can present in your paper. Remember that each panel must be clearly identified with a letter (*e.g.*, "A," "B," etc.), in order for the reader to understand each individual panel. Several nice examples of composite figures are seen in recent articles by Jeger et al (J Endod 2012;38:884–888); Olivieri et al., (J Endod 2012;38:1007 1011); Tsai et al (J Endod 2012;38:965–970). Please note that color figures may be published at no cost to the authors and authors are

encouraged to use color to enhance the value of the illustration. Please note that a multipanel, composite figure only counts as one figure when considering the total number of figures in a manuscript (see section 3, below, for maximum number of allowable figures).

The second type of figures are graphs (*i.e.*, line drawings including bar graphs) that plot a dependent measure (on the Y axis) as a function of an independent measure (usually plotted on the X axis). Examples include a graph depicting pain scores over time, etc. Graphs should be used when the overall trend of the results are more important than the exact numerical values of the results. For example, a graph is a convenient way of reporting that an ibuprofen-treated group reported less pain than a placebo group over the first 24 hours, but was the same as the placebo group for the next 96 hours. In this case, the trend of the results is the primary finding; the actual pain scores are not as critical as the relative differences between the NSAID and placebo groups.

7. Tables: Tables are appropriate when it is critical to present exact numerical values. However, not all results need be placed in either a table or figure. For example, the following table may not be necessary:

% NaOCl	N/Group	% Inhibition of Growth
0.001	5	0
0.003	5	0
0.01	5	0
0.03	5	0
0.1	5	100
0.3	5	100

1	5	100
3	5	100

Instead, the results could simply state that there was no inhibition of growth from 0.001-0.03% NaOCl, and a 100% inhibition of growth from 0.03-3% NaOCl (N=5/group). Similarly, if the results are not significant, then it is probably not necessary to include the results in either a table or as a figure. These and many other suggestions on figure and table construction are described in additional detail in Day (1998).

8. Discussion: This section should be used to interpret and explain the results. Both the strengths and weaknesses of the observations should be discussed. How do these findings compare to the published literature? What are the clinical implications? Although this last section might be tentative given the nature of a particular study, the authors should realize that even preliminary clinical implications might have value for the clinical readership. Ideally, a review of the potential clinical significance is the last section of the discussion. What are the major conclusions of the study? How does the data support these conclusions

9. Acknowledgments: All authors must affirm that they have no financial affiliation (e.g., employment, direct payment, stock holdings, retainers, consultantships, patent licensing arrangements or honoraria), or involvement with any commercial organization with direct financial interest in the subject or materials discussed in this manuscript, nor have any such arrangements existed in the past three years. Any other potential conflict of interest should be disclosed. Any author for whom this statement is not true must append a paragraph to the manuscript that fully discloses any financial or other interest that poses a conflict. Likewise the sources and correct attributions of all other grants, contracts or donations that funded the study must be disclosed

10. References: The reference style follows Index Medicus and can be easily learned from reading past issues of the *JOE*. The *JOE* uses the Vancouver reference style, which can be found in most citation management software products. Citations are placed in parentheses at the end of a sentence or at the end of a clause that requires a literature citation. Do not use superscript for references.

Original reports are limited to 35 references. There are no limits in the number of references for review articles.

3. Manuscripts Category Classifications and Requirements

Manuscripts submitted to the *JOE* must fall into one of the following categories. The abstracts for all these categories would have a maximum word count of 250 words:

1. CONSORT Randomized Clinical Trial-Manuscripts in this category must strictly adhere to the Consolidated Standards of Reporting Trials-CONSORT- minimum guidelines for the publication of randomized clinical trials. These guidelines can be found at www.consort-statement.org/. These manuscripts have a limit of 3,500 words, [including abstract, introduction, materials and methods, results, discussion and acknowledgments; excluding figure legends and references]. In addition, there is a limit of a total of 4 figures and 4 tables*.

2. Review Article-Manuscripts in this category are either narrative articles, or systematic reviews/meta-analyses. Case report/Clinical Technique articles even when followed by extensive review of the literature will should be categorized as "Case Report/Clinical Technique". These manuscripts have a limit of 3,500 words, [including abstract, introduction, discussion and acknowledgments; excluding figure legends and references]. In addition, there is a limit of a total of 4 figures and 4 tables*.

3. Clinical Research (*e.g.*, prospective or retrospective studies on patients or patient records, or research on biopsies, excluding the use of human teeth for technique studies). These manuscripts have a limit of 3,500 words [including abstract, introduction, materials and methods, results, discussion and acknowledgments; excluding figure legends and references]. In addition, there is a limit of a total of 4 figures and 4 tables*.

4. Basic Research Biology (animal or culture studies on biological research on physiology, development, stem cell differentiation, inflammation or pathology). Manuscripts that have a primary focus on biology should be submitted in this category while manuscripts that have a primary focus on materials should be submitted in the Basic Research Technology category. For example, a study on cytotoxicity of a material should be submitted in the Basic Research Technology category, even if it was performed in animals with histological analyses. These manuscripts have a limit of 2,500 words [including abstract, introduction, materials

and methods, results, discussion and acknowledgments; excluding figure legends and references]. In addition, there is a limit of a total of 4 figures or 4 tables*.

5. Basic Research Technology (Manuscripts submitted in this category focus primarily on research related to techniques and materials used, or with potential clinical use, in endodontics). These manuscripts have a limit of 2,500 words [including abstract, introduction, materials and methods, results, discussion and acknowledgments; excluding figure legends and references]. In addition, there is a limit of a total of 3 figures and tables*.

6. Case Report/Clinical Technique (*e.g.*, report of an unusual clinical case or the use of cutting-edge technology in a clinical case). These manuscripts have a limit of 2,500 words [including abstract, introduction, materials and methods, results, discussion and acknowledgments; excluding figure legends and references]. In addition, there is a limit of a total of 4 figures or tables*.

* Figures, if submitted as multipanel figures must not exceed 1 page length. Manuscripts submitted with more than the allowed number of figures or tables will require approval of the *JOE* Editor or associate editors. If you are not sure whether your manuscript falls within one of the categories above, or would like to request preapproval for submission of additional figures please contact the Editor by email at jendodontics@uthscsa.edu.

Importantly, adhering to the general writing methods described in these guidelines (and in the resources listed below) will help to reduce the size of the manuscript while maintaining its focus and significance. Authors are encouraged to focus on only the essential aspects of the study and to avoid inclusion of extraneous text and figures. The Editor may reject manuscripts that exceed these limitations.