



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

ISABELLA DA ROCHA RODRIGUES

**AVALIAÇÃO COMPARATIVA DA MICRO-CT E DA OCT NA DETECÇÃO DE
MICROFRATURAS PROMOVIDAS POR DIFERENTES SISTEMAS PROTAPER**

Recife

2024

ISABELLA DA ROCHA RODRIGUES

**AVALIAÇÃO COMPARATIVA DA MICRO-CT E DA OCT NA DETECÇÃO DE
MICROFRATURAS PROMOVIDAS POR DIFERENTES SISTEMAS PROTAPER**

Recife

2024

ISABELLA DA ROCHA RODRIGUES

**AVALIAÇÃO COMPARATIVA DA MICRO-CT E DA OCT NA DETECÇÃO DE
MICROFRATURAS PROMOVIDAS POR DIFERENTES SISTEMAS PROTAPER**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Odontologia.

Área de concentração: Clínica Integrada.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Menezes Aguiar

Co-orientadora: Prof^a. Dr^a. Andréa Cruz Câmara

Recife

2024

Catálogo de Publicação na Fonte. UFPE - Biblioteca Central

Rodrigues, Isabella da Rocha.

Avaliação comparativa da Micro-CT e da OCT na detecção de microfraturas promovidas por diferentes sistemas ProTaper / Isabella da Rocha Rodrigues. - Recife, 2024.

66f.: il.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Ciências da Saúde, Programa de Pós-Graduação em Odontologia, 2024.

Orientação: Carlos Menezes Aguiar.

Coorientação: Andréa Cruz Câmara.

Inclui referências e anexos.

1. Endodontia; 2. Fissuras dentárias; 3. Microtomografia por Raio-X; 4. Tomografia de Coerência Óptica. I. Aguiar, Carlos Menezes. II. Câmara, Andréa Cruz. III. Título.

UFPE-Biblioteca Central

ISABELLA DA ROCHA RODRIGUES

**AVALIAÇÃO COMPARATIVA DA MICRO-CT E DA OCT NA DETECÇÃO DE
MICROFRATURAS PROMOVIDAS POR DIFERENTES SISTEMAS PROTAPER**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Odontologia.

Aprovado em: 23/08/2024

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Andréa Cruz Câmara (Co-Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. André Cavalcante da Silva Barbosa (Examinador externo)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^a. Dr^a. Bruna de Carvalho Farias Vajgel (Examinadora interna)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^a. Dr^a. Fernanda Araújo Donida (Examinadora externa)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. José Thadeu Pinheiro (Examinador externo)
Universidade Federal de Pernambuco

Dedico esta tese aos meus pais e exemplos, Ana Patrícia e Eliviel, e à minha filha Giovanna.

AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente a Deus, por me guiar para o caminho certo e por estar sempre em minha vida, obrigada meu Deus por todas as oportunidades concedidas.

Aos meus pais, Ana Patrícia e Eliviel, por todo amor e doação, por serem minha base e meu exemplo de vida, essa conquista é de vocês também!

À minha filha, Giovanna, razão da minha força e coragem todos os dias.

Ao meu companheiro, Bruno, grande torcedor da minha jornada, sempre entendendo o cansaço e apoiando as abdições, obrigada por alegrar meus dias e tornar a rotina bem vivida.

À toda minha família e amigos, sempre vibrando com minhas conquistas, obrigada por sempre acreditarem em mim.

Ao meu orientador Prof. Dr. Carlos Aguiar e à minha co-orientadora, Prof^a. Dr^a. Andrea Câmara, por todos os conhecimentos transmitidos a mim.

Ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da UFPE e a todos os professores do programa, que de alguma forma fizeram parte do meu crescimento e de todos os ensinamentos que levarei comigo para sempre.

Ao Departamento de Física e de Energia Nuclear da UFPE, especialmente ao Prof. Dr. Anderson Stevens Leonidas Gomes, e ao Prof. Dr. Antônio Celso Dantas Antonino, por toda atenção ao me receber.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela ajuda financeira necessária para realização do curso de Doutorado.

RESUMO

As microfraturas são condições que podem surgir após um tratamento endodôntico e que seu diagnóstico pode determinar a longevidade do elemento dentário afetado, sendo essencial a busca por técnicas de diagnóstico eficazes para localizar e definir a extensão na linha de fratura. Diante disso, o objetivo principal desse estudo foi avaliar, através da Tomografia por Coerência Óptica (OCT) e da MicroTomografia Computadorizada (Micro-CT) a incidência de microfraturas apicais promovidas por diferentes gerações dos ProTaper. Foram selecionados sessenta e cinco pré-molares unirradiculares inferiores humanos apresentando raiz reta, rizogênese completa, e diâmetro apical correspondente a lima tipo K 10#. Foram divididos por sorteio em cinco grupos, sendo um grupo controle (C) com 5 espécimes (n=5) e quatro grupos experimentais com 15 espécimes cada (n=15). Nos quatro grupos experimentais os espécimes foram instrumentados com os seguintes sistemas: Grupo ProTaper Universal - PtUn, Grupo ProTaper Next - PtN, Grupo ProTaper Gold - PtG e Grupo ProTaper Ultimate – PtUI. Todos os espécimes foram escaneados pela Micro-CT e pela OCT antes e após a instrumentação. Três examinadores independentes e cegamente avaliaram as imagens de Micro-CT e de OCT registrando a presença ou ausência de microfissuras em cada espécime. Verificou-se na OCT a presença de quatro elementos com fratura, sendo uma única fratura no grupo PtUn, uma fratura no PtN e duas fraturas no grupo PtUI. Já na MicroCT foram vistos 10 elementos com fratura, tendo vista uma fratura no grupo PtUn, e três fraturas em cada um dos demais grupos (PtN, PtG e PtUI), contudo não houve diferença com significância estatística nos grupos entre OCT e MicroCT ($p > 0,05$) de acordo com o teste exato de Fisher. A concordância interexaminador foi superior a 90% (Kappa), o nível de significância foi de 5% ($p < 0,05$). Baseando-se na metodologia utilizada e nas limitações de um estudo in vitro, pode-se concluir que os quatro sistemas ProTaper possuem a mesma segurança em seu uso, além disso, a OCT é capaz de detectar microfraturas, porém com menor desempenho que a Micro-CT.

Palavras-chave: Endodontia. Fissuras dentárias. Microtomografia por Raio-X. Tomografia de Coerência Óptica.

ABSTRACT

Microfractures are conditions that can arise after endodontic treatment and their diagnosis can determine the longevity of the affected tooth, making it essential to search for effective diagnostic techniques that locate and define the extension of the fracture line. Therefore, this study aimed to evaluate, through Optical Coherence Tomography (OCT) and Micro Computed Tomography (Micro-CT), the incidence of apical microfractures promoted by different generations of ProTaper. Sixty-five human lower single-rooted premolars were selected with straight roots, complete rhizogenesis, and apical diameter corresponding to a 10# K file. and randomly divided into five groups, a control group (C) with 5 specimens (n=5) and four experimental groups with 15 specimens each (n=15). In the four experimental groups, the specimens were instrumented with the following systems: ProTaper Universal Group - PtUn, ProTaper Next Group - PtN, ProTaper Gold Group - PtG and ProTaper Ultimate Group - PtUI. All specimens were scanned using Micro-CT and OCT before and after instrumentation. Three examiners independently and blindly evaluated the Micro-CT and OCT images, recording the presence or absence of microcracks in each specimen. The OCT showed the presence of four elements with fractures, with a single fracture in the PtUn group, one fracture in the PtN group and two fractures in the PtUI group. The MicroCT showed 10 elements with fractures, one fracture in the PtUn group and three fractures in each of the other groups (PtN, PtG and PtUI), however there was no difference with statistical significance in the groups between OCT and MicroCT ($p > 0.05$) according to Fisher exact test. Inter-examiner agreement was greater than 90% (Kappa), the significance level was 5% ($p < 0.05$). Based on the methodology used and the limitations of an in vitro study, it can be concluded that the four ProTaper systems have the same safety in their use, in addition, OCT is capable of detecting microfractures, but with lower performance than Micro-CT.

Keywords: Endodontics. Dental Fissures. X-Ray Microtomography. Tomography, Optical Coherence.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Aparelho de Micro Tomografia Computadorizada modelo XTH225ST Nikon	18
Figura 2 -	(A) Espécimes inseridos em grupo de cinco no bloco de isopor. (B) Bloco de isopor inserido na plataforma do tomógrafo	19
Figura 3 -	(A) Software de reconstrução de imagem Nikon CT Pro 3D. (B) Software de análise e visualização de imagem VG Studio Max	20
Figura 4 -	Aparelho de Tomografia Por Coerência Óptica modelo Lumedica OQ Labscope 3.0	20
Figura 5 -	Sistema de geração de imagem Lumedica OQ Labscope com parâmetros padronizados	22
Figura 6 -	Imagens de Micro-CT - Exemplo de amostras com fratura. (A) Amostra 34. (B) Amostra 42	27
Figura 7 -	Imagens de OCT - Exemplo de amostra com fratura. (A) Amostra 10 inicial. (B) Amostra 10 final	27
 ARTIGO:		
Figura 1 -	Imagens de Micro-CT - Exemplo de amostras com fratura. (A) Amostra 34. (B) Amostra 42	36
Figura 2 -	Imagens de OCT - Exemplo de amostra com fratura. (A) Amostra 10 inicial. (B) Amostra 10 final	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Resultados da análise da ocorrência de fratura da OCT e MicroCT considerando-se a moda entre os examinadores	25
Tabela 2 -	Resultados da análise da ocorrência de fratura da OCT e MicroCT considerando-se a moda entre os grupos	26
Tabela 3 -	Desempenho diagnóstico da OCT segundo a MicroCT.....	26

ARTIGO:

Tabela 1-	Resultados da análise da ocorrência de fratura da OCT e MicroCT considerando-se a moda entre os examinadores	35
Tabela 2 -	Resultados da análise da ocorrência de fratura da OCT e MicroCT considerando-se a moda entre os grupos	36

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVO	16
2.1	Objetivo Geral	16
2.2	Objetivos Específicos	16
3	MATERIAIS E MÉTODOS	17
3.1	Seleção dos Espécimes	17
3.2	Preparo dos Espécimes	17
3.3	Escaneamento Inicial com a Micro-CT	18
3.4	Escaneamento Inicial com a OCT	20
3.5	Divisão dos Espécimes	22
3.6	Preparo dos Canais Radiculares	22
3.7	Escaneamento Final com a Micro-CT e com a OCT	24
3.8	Avaliação de Microfissuras	24
3.9	Análise Estatística	24
4	RESULTADOS	25
4.1	ARTIGO - AVALIAÇÃO COMPARATIVA DA MICRO-CT E DA OCT NA DETECÇÃO DE MICROFRATURAS PROMOVIDAS POR DIFERENTES SISTEMAS PROTAPER	28
5	CONCLUSÕES	46
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47
	ANEXO A - PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO.....	52
	ANEXO B - FICHAS DE AVALIAÇÃO	57
	ANEXO C - NORMAS DO PERIÓDICO JOURNAL OF ENDODONTICS.....	58

1 INTRODUÇÃO

A introdução das ligas de níquel-titânio (NiTi) e o sistema de instrumentação automatizada, surgiram na endodontia para proporcionar procedimentos mais rápidos e com preparos dos canais radiculares anatomicamente mais previsíveis (GAVINI *et al.*, 2018).

Na intenção de possibilitar tratamentos mais seguros, novas limas são constantemente produzidas e aprimoradas, impactando positivamente os tratamentos realizados, diminuindo o risco de acidentes e a taxa de insucesso (DALCASTAGNER, 2022; FERRAZ *et al.*, 2022). Ao longo dos anos, foram introduzidas sucessivas melhorias nestes instrumentos, incluindo diferentes tratamentos térmicos empregados durante o processo de fabricação (RUBIO *et al.*, 2022; GAVINI *et al.*, 2018).

O aperfeiçoamento desses instrumentos é relevante clinicamente, pois podem prolongar a vida útil e preservar a anatomia original do canal radicular. Além disso, instrumentos com diferentes características possibilitam aos clínicos a oportunidade de escolher qual será mais adequado para cada caso (MARTINS *et al.*, 2022).

Com a evolução da engenharia dos materiais, foi criado em 2001 pela empresa Dentsply Sirona (Ballaignes, Suíça) a primeira geração de limas ProTaper, para a instrumentação (FERRAZ *et al.*, 2022). Quando este sistema foi lançado, os instrumentos eram feitos de liga de NiTi convencional utilizando múltiplas conicidades em uma única lima (DALCASTAGNER, 2022).

Em 2006, foi lançado o sistema Protaper Universal que é resistente a torção, mas não possui flexibilidade. A secção transversal dos instrumentos F2 e F3 foi modificada e foram adicionadas as limas F4 e F5, que possuíam secção triangular convexa. Com um ângulo helicoidal variável, diminui o atrito entre a lima e a dentina, reduzindo o potencial do instrumento se prender nas paredes do canal (FERRAZ *et al.*, 2022; MARTINS *et al.*, 2022; MILANI *et al.*, 2022).

A próxima geração de instrumentos foi o ProTaper Next em 2013, foi feito utilizando fabricação em M-Wire, que incorpora um tratamento térmico antes da produção da liga. Um design de secção transversal retangular descentralizada com um deslocamento do eixo central de rotação que melhora a eficiência da modelagem do canal e a resistência à fadiga cíclica. Apenas dois pontos da lima tocam a parede

do canal de cada vez, reduzindo a probabilidade de travamento, maior proteção contra fratura do instrumento, além da capacidade de reduzir a compactação dos detritos, com limpeza mais eficiente do sistema de canais radiculares (VAN DER VYVER *et al.*, 2019; MATEA *et al.*, 2021; DALCASTAGNER, 2022).

Em 2014 entrou no mercado as limas Protaper Gold, os instrumentos têm as mesmas geometrias da PT universal, mas a liga é tratada termomecanicamente (Gold Wire), tratamento térmico pós-retificação, onde a liga é repetidamente aquecida e resfriada (FERRAZ *et al.*, 2022; CHAN *et al.*, 2023). Possui controle de memória (CM), permitindo uma melhor flexibilidade e uma grande resistência à fadiga cíclica comparada às limas anteriores. A seção transversal triangular convexa e a conicidade progressiva, potencializam a ação de corte e diminui o atrito rotacional entre a lâmina da lima e a dentina (MATEA *et al.*, 2021; SHARAWY, SHATER, 2023).

O sistema ProTaper Ultimate é a última geração de limas rotatórias da família ProTaper, desenvolvida em 2022 e apresenta tratamento térmico específico (M-Wire, Gold e Blue) a fim de melhorar a flexibilidade, aumentar a resistência à fadiga cíclica e otimizar o desempenho. A seção transversal da ProTaper Ultimate é caracterizada como um paralelogramo em constante mudança, além de uma geometria em que o centro de massa está descentralizado com o centro de rotação, reduz o nível de tensão durante o corte e aumenta o espaço disponível para remoção de detritos (GIUCOANE, 2022; MARTINS *et al.*, 2022; SHARAWY, SHATER, 2023). As limas desse sistema têm um taper menor comparado às limas anteriores, prometendo preparos mais conservadores, garantindo a preservação máxima da dentina pericervical (VAN DER VYVER, VORSTER, 2022).

O sistema rotatório ProTaper Ultimate por ser uma nova ferramenta para instrumentação dos canais radiculares, necessita de uma melhor investigação e comprovação da segurança do seu uso, comparando-a com outros sistemas, tendo assim, um resultado do melhor custo-benefício

Além da liga e da seção transversal, outros fatores podem afetar a resistência à fratura dos instrumentos, como quantidade de usos, a pressão apical e o tipo de movimento (RUBIO *et al.*, 2022).

A preparação química e mecânica do sistema de canais radiculares pode afetar a dentina radicular. Por apresentar mais força e velocidade, os sistemas rotatórios automatizados podem causar maior tensão nas paredes dentinárias com

um potencial de se transformar em microfraturas dentinárias, o que diminui a longevidade dos dentes tratados endodonticamente (OLIVEIRA *et al.*, 2017; KHOSHBIN *et al.*, 2018; PATIL *et al.*, 2023).

As fraturas são as queixas mais comuns após a terapia endodôntica, que podem levar a uma falha no tratamento necessitando, em alguns casos, da extração do elemento dentário. Como as microfraturas nos dentes acometidos são geralmente microscópicas, são necessárias técnicas de diagnóstico eficazes para localizar e definir a extensão dessas linhas de fratura (GODINY *et al.*, 2021; DE CARLO BELLO *et al.*, 2017).

Técnicas de diagnóstico mais utilizadas como radiografias, transiluminação, coloração com azul de metileno e cirurgia com exame microscópico, têm suas limitações (KATKAR *et al.*, 2018).

Um método de diagnóstico que tem se mostrado útil na qualidade dos diagnósticos que apresenta é a Microtomografia Computadorizada (Micro-CT). Tem uma natureza não destrutiva, comparada ao método convencional de seccionamento radicular (permite a análise de apenas algumas fatias por dente e leva à perda de estrutura dentária). Além disso, as imagens tridimensionais da micro-CT oferecem a possibilidade de avaliar centenas de fatias por dente, permitindo detectar com precisão a localização exata de uma microfissura (OLIVEIRA *et al.*, 2017; VAN DER VYVER *et al.*, 2019; ALKAHTANY, AL-MADI, 2020; KATANEC *et al.*, 2020).

Além disso, permite visualizar e medir estruturas completas tridimensionais sem um preparo prévio da amostra, além de realizar mensurações volumétricas de tecidos duros, como a avaliação de sua densidade mineral. A micro-CT permite adquirir imagens de altíssima definição com voxels isotrópicos que podem variar entre 5 e 50 μm (RÊGO, 2020; LIMA, 2021).

Apesar de possuir inúmeras vantagens, não há possibilidade de utilizá-la *in vivo* pela intensidade da radiação necessária para a geração das imagens, além disso, esse método possui alto custo operacional e baixa disponibilidade. (OLIVEIRA, 2019; LIMA, 2021).

Por outro lado, um sistema alternativo de diagnóstico é a Tomografia por Coerência Óptica (OCT). Foi introduzida em 1991 por Huang *et al.*, e é uma técnica de diagnóstico por imagem não destrutiva e não invasiva, por não utilizar radiação ionizante, capaz de gerar imagens de secção transversal em alta resolução da

estrutura interna de materiais e tecidos biológicos, medindo a luz que é refletida e retroespehada, sem a necessidade de secção das amostras (MACHOY *et al.*, 2017; COSTA, 2018; TSUBOKAWA *et al.*, 2018; ZHOU *et al.*, 2018).

O mecanismo da OCT é baseado em interferômetro, que utiliza fonte de luz infravermelha e banda larga de comprimento de baixa coerência, com resolução espacial da ordem de 10 µm e imagens em tempo real com aplicação in vivo e in vitro em odontologia. Os primeiros dispositivos OCT eram o domínio do tempo (TD-OCT) e o domínio de Fourier (FD-OCT), o TD-OCT mede o tempo que a luz leva para ser refletida, já o FD-OCT possui dois ramos, a de domínio espectral (SD-OCT) e a de fonte de varredura (SS-OCT). A SD-OCT usa um espectrômetro em vez de um fotodetector, e a SS-OCT usa uma fonte de luz que faz a varredura da banda larga e um fotodetector organiza a sequência de luz de acordo com o tempo recebido. O fotodetector ou espectrômetro converte o sinal luminoso em digital e o analisa para capturar a informação que ele transmite (GENTILE *et al.*, 2017; GOZDE, METIN, MUBIN, 2018; SUASSUNA *et al.*, 2018; WANG *et al.*, 2019).

É uma técnica comprovadamente exequível na endodontia, na análise da anatomia interna dos canais radiculares, além de possíveis perfurações e da limpeza posterior ao preparo biomecânico (SUASSUNA *et al.*, 2018). Há na literatura alguns estudos utilizando a OCT na detecção de microfraturas radiculares (SHEMESH *et al.*, 2008; IMAI *et al.*, 2012; NAKAJIMA *et al.*, 2012; YOSHIOKA *et al.*, 2013; LEE *et al.*, 2016; OLIVEIRA *et al.*, 2017; SEGARRA *et al.*, 2017; COSTA, 2018), apesar disso, os resultados ainda são divergentes e não é totalmente comprovada a sua eficácia, sendo necessário mais estudos que busquem novas técnicas precisas no auxílio do correto diagnóstico e conseqüentemente de uma correta conduta clínica.

2 OBJETIVO

2.1 Objetivo Geral

Avaliar a presença de microfraturas radiculares promovidas por diferentes gerações do sistema ProTaper de instrumentação dos canais radiculares.

2.2 Objetivos Específicos

- Analisar por meio da OCT a formação de microfraturas em canais radiculares instrumentados pelos sistemas: ProTaper Ultimate, ProTaper Universal, ProTaper Next, ProTaper Gold.
- Determinar através da Micro-CT a formação de microfraturas em canais radiculares instrumentados pelos sistemas: ProTaper Ultimate, ProTaper Universal, ProTaper Next, ProTaper Gold.
- Comparar os quatro sistemas utilizados na formação de micro fraturas radiculares.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Esta pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da Universidade Federal de Pernambuco sob Parecer: 6.280.0684 (Anexo A).

3.1 Seleção dos Espécimes

Foram selecionados sessenta e cinco dentes pré-molares inferiores unirradiculares humanos apresentando raiz reta, rizogênese completa, e com diâmetro apical correspondente a lima tipo K 10#. Foram excluídos dentes com mais de um canal radicular, com anomalia radicular, dentes que apresentavam fraturas/ trincas radiculares e dentes com intervenções endodônticas prévias. Todos os dentes foram obtidos do Banco de Dentes Humanos do Departamento de Prótese e Cirurgia Bucofacial, do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Ao final da pesquisa, os espécimes foram devolvidos ao Banco de Dentes.

3.2 Preparo dos Espécimes

Os espécimes foram armazenados em soro fisiológico, trocados semanalmente até o uso. Os espécimes foram radiografados em grupos de 3 dentes em filmes radiográficos (Carestream, Rochester, EUA) no sentido Mesio-Distal e no sentido Vestíbulo-Lingual para verificação da presença de um único canal radicular. Todos os espécimes foram irradiados com o mesmo tempo de exposição, utilizando padronização de distância foco-filme (Spectro 70X Seletronic, Dabi Atlante, São Paulo, Brasil). As radiografias foram analisadas em negatoscópio com magnificação 15X, os espécimes os quais foram vistas a presença de mais de um canal, foram substituídos.

Para assegurar a padronização, as porções coronárias dos espécimes foram seccionadas a nível da junção amelo-cementária utilizando um disco diamantado dupla face de baixa rotação (KG Sorensen, Rio de Janeiro, Brasil).

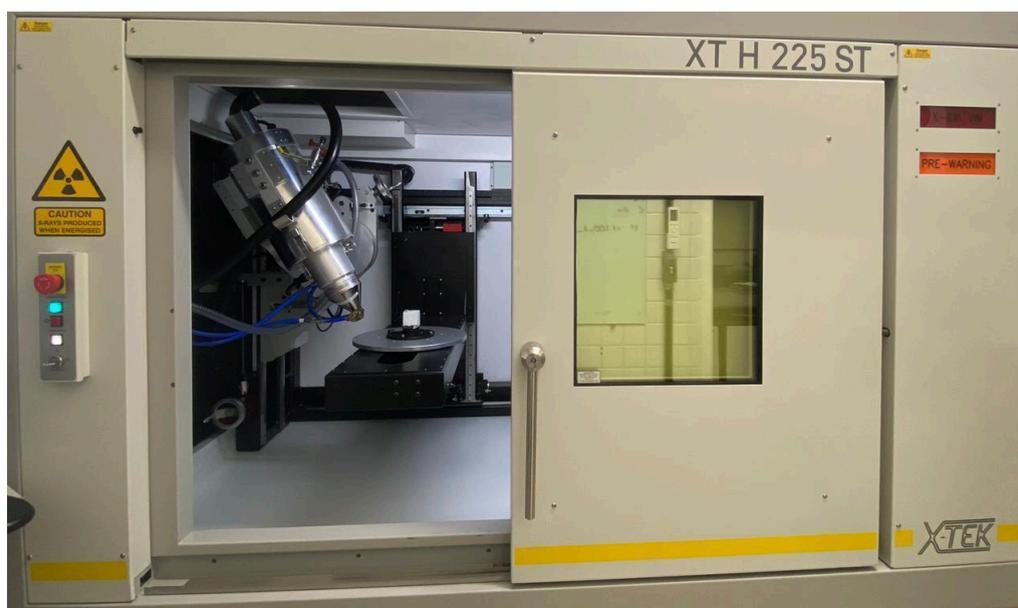
Posteriormente, cada espécime teve o canal radicular explorado passivamente com uma lima tipo K 10# (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça).

Os espécimes que não apresentaram o diâmetro do canal radicular compatível com uma lima tipo K 10# foram substituídos.

3.3 Escaneamento Inicial com a Micro-CT

A etapa seguinte constituiu no escaneamento utilizando o sistema micro-CT. O tomógrafo de micro-CT utilizado para os escaneamentos foi o modelo XTH225ST (Nikon, Tokyo, Japão) pertencente ao Laboratório de Tomografia Computadorizada de Raios X - Departamento de Energia Nuclear da UFPE (Figura 1).

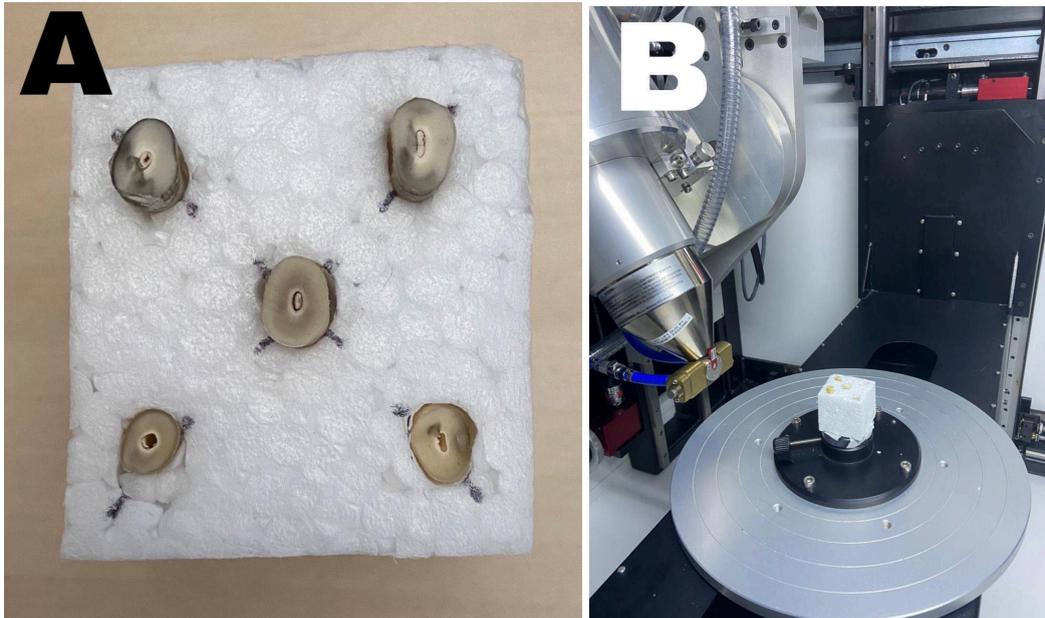
Figura 1 - Aparelho de Micro Tomografia Computadorizada modelo XTH225ST Nikon.



Fonte: A autora, 2024.

Para os escaneamentos, foram utilizados blocos de isopor onde os espécimes foram inseridos em grupo de cinco, colocados em alturas diferentes para facilitar a identificação de cada espécime na imagem gerada (Figura 2A). Em seguida, cada bloco foi introduzido na plataforma, de modo que o feixe de raios X penetrasse perpendicularmente o longo eixo das raízes (Figura 2B).

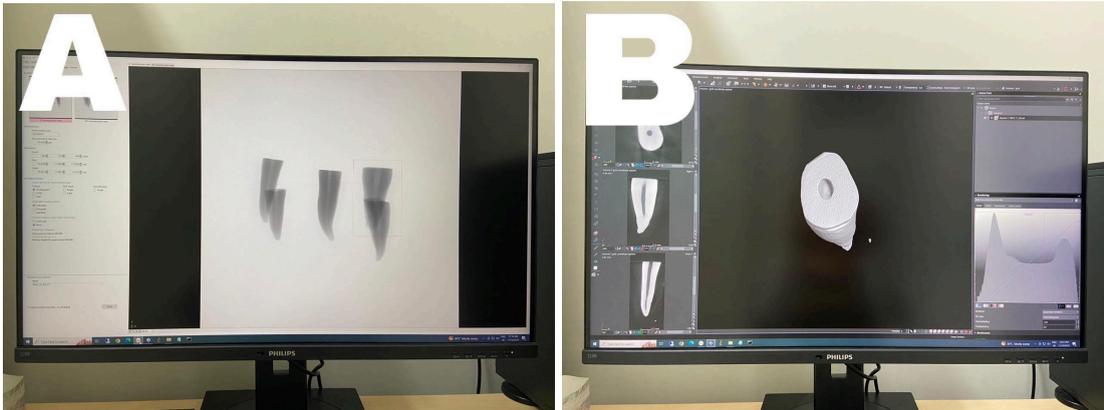
Figura 2 - (A) Espécimes inseridos em grupo de cinco no bloco de isopor. (B) Bloco de isopor inserido na plataforma do tomógrafo.



Fonte: A autora, 2024.

Após a aquisição, um software de reconstrução de imagem, Nikon CT Pro 3D (Nikon, Tóquio, Japão), foi utilizado para transformar a imagem do bloco de 5 amostras, em imagens 3D dos elementos individualizados (Figura 3A). Posteriormente, outro software de análise e visualização de imagem, VG Studio Max, foi utilizado para ajustar os tons de cinza e salvar o volume da reconstrução em formato TIF (Figura 3B). Por fim, outro software de processamento de imagem, ImageJ v.1.48, foi utilizado para transformar o volume em cortes tomográficos axiais, que facilitam a análise da presença ou ausência de microfaturas.

Figura 3 - (A) Software de reconstrução de imagem Nikon CT Pro 3D. (B) Software de análise e visualização de imagem VG Studio Max.

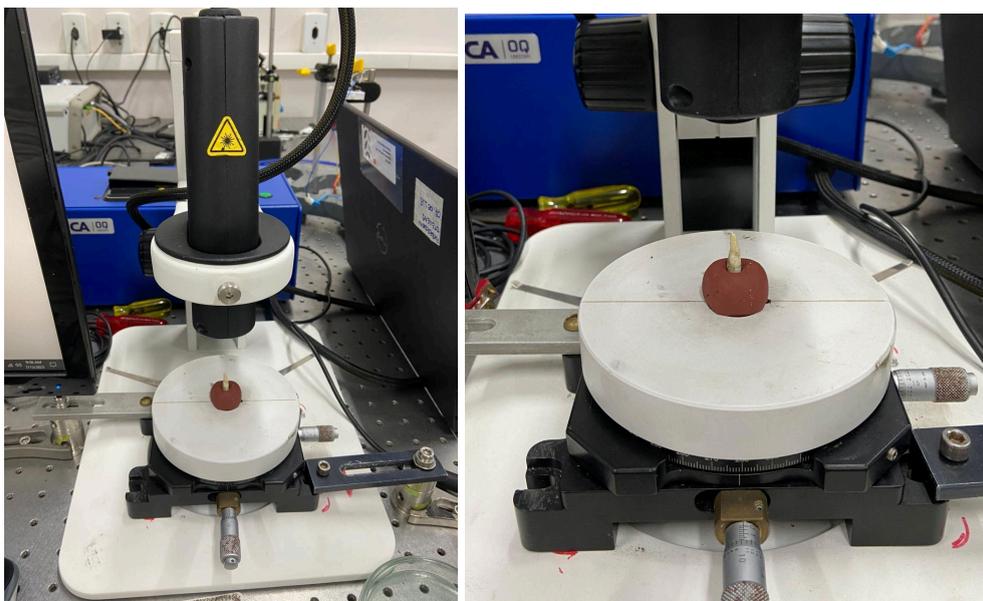


Fonte: A autora, 2024.

3.4 Escaneamento Inicial com o OCT

A etapa seguinte consistiu no escaneamento utilizando o sistema OCT spectral-domain (SD-OCT) (Lumetica, Durham, EUA), pertencente ao Laboratório de Fotônica do Departamento de Física da UFPE (Figura 4).

Figura 4 - Aparelho de Tomografia Por Coerência Óptica modelo Lumetica OQ Labscope 3.0



.Fonte: A autora, 2024.

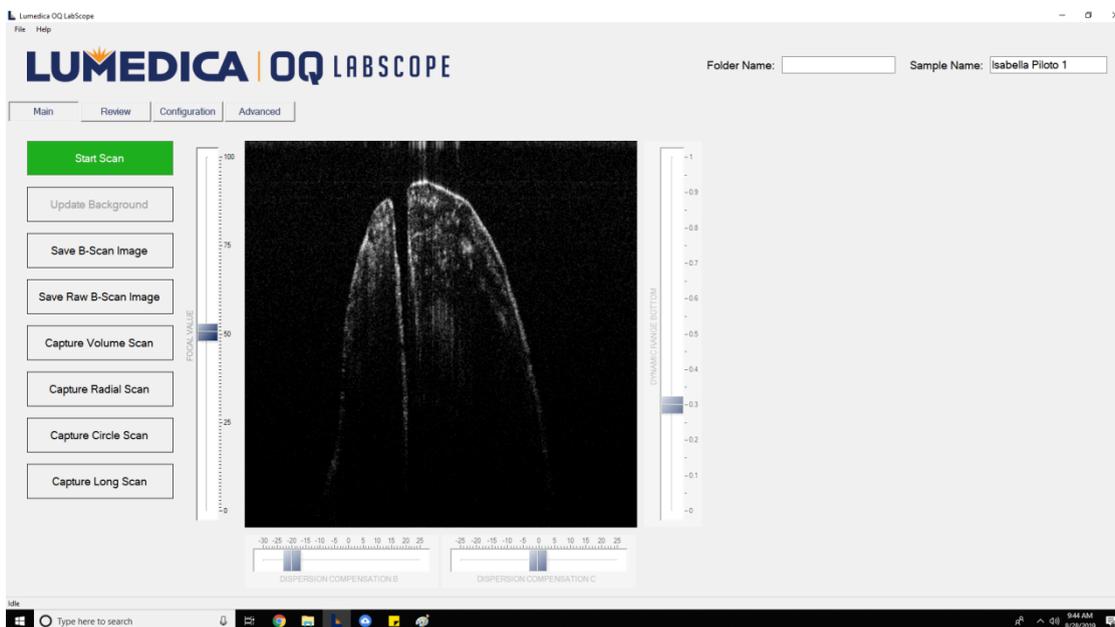
Para a geração de imagem, os dispositivos de OCT produzem um padrão de interferência através da divisão do feixe da fonte de luz em 2 caminhos: braço de referência e braço de amostra. Após a varredura da área de interesse, a luz retro dispersada da amostra é recombinada com a luz do braço de referência, digitalizada e depois analisada no domínio de Fourier para fornecer imagens bi e tridimensionais (MAJKUT *et al.*, 2015).

O sistema SD-OCT Lumedica apresenta um laser de varredura em comprimento de onda central de 840 nm, uma taxa de varredura axial de 34 kHz, uma faixa de varredura linear de 7 mm, uma resolução transversal de 18 μm e uma resolução de profundidade de 8 μm no ar, que corresponde a 6 μm no tecido. São capturados 22 quadros por segundo e a profundidade de imagem média alcançada nas aquisições foi de 2003.7 μm .

Durante os escaneamentos, massa de modelar foi utilizada para manter as raízes imóveis, de forma que o feixe de luz de varredura dos sistemas de OCT permanecesse orientado paralelamente ao longo eixo dos dentes, acima do ápice radicular (Figura 4).

Foram realizadas imagens a cada milímetro, da porção apical, utilizando o sistema de geração de imagem Lumedica OQ Labscope com parâmetros padronizados (Figura 5) e com configuração de digitalização de alinhamento vertical. As imagens eram salvas diretamente em formato JPG.

Figura 5 - Sistema de geração de imagem Lumedica OQ Labscope com parâmetros padronizados.



Fonte: A autora, 2024.

3.5 Divisão dos Espécimes

Os espécimes foram divididos em cinco grupos por sorteio, onde os elementos foram enumerados e posteriormente sorteados em qual grupo pertenceriam: Um grupo controle (C) com 5 espécimes não instrumentados ($n=5$) e quatro grupos experimentais com 15 espécimes cada ($n=15$). Nos quatro grupos experimentais os espécimes foram instrumentados com os seguintes sistemas: Grupo ProTaper Universal - PtUn (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça), Grupo ProTaper Next - PtN (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça), Grupo ProTaper Gold - PtG (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça) e Grupo ProTaper Ultimate – PtUI (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça).

3.6 Preparo dos Canais Radiculares

A etapa seguinte foi realizada no Laboratório de Endodontia do Curso de Graduação em Odontologia, do Departamento de Clínica e Odontologia Preventiva, do Centro de Ciências da Saúde, da Universidade Federal de Pernambuco. Cada espécime teve o canal radicular irrigado com 2 mL de

hipoclorito de sódio a 1% (Asfer Indústria Química, Santa Maria, Brasil) utilizando uma seringa plástica descartável (Ultradent, South Jordan, UT, EUA) e uma agulha NaviTip de calibre 20 (Ultradent, South Jordan, UT, EUA). O comprimento de trabalho foi determinado através da introdução de uma lima tipo K 10# no canal até ela ultrapassar 1 mm do forame apical e posteriormente, recuada 1 mm desta medida.

Os instrumentos foram utilizados acoplados ao motor X-Smart Plus (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça). A instrumentação foi feita com movimentos de bicada, com 3 bicadas por vez. A cada retirada da lima do canal, os instrumentos eram limpos e os canais eram irrigados e aspirados, isso foi feito também a cada troca de lima. Os espécimes foram instrumentados de acordo com as instruções do fabricante, seguindo a sequência:

Grupo PtUn - ProTaper Universal: SX (19.04), S1 (18.02) e S2 (20.04) em 2/3 do CRT e posteriormente, F1 (20.07), F2 (25.08), até a lima F3 (30.09), no forame apical, com programação ajustada para 250 rpm e 3Ncm.

Grupo PtN - ProTaper Next: X1 (17.04), X2 (25.06), até a lima X3 (30.07), no forame apical, com programação ajustada para 300 rpm e 2Ncm.

Grupo PtG - ProTaper Gold: SX (19.04), S1 (18.02) e S2 (20.04) em 2/3 do CRT e posteriormente, F1 (20.07), F2 (25.08), até a lima F3 (30.09), no forame apical, com programação ajustada para 300 rpm e 4Ncm.

Grupo PtUI - ProTaper Ultimate: Slide (16.02), Shaper (20.04) em 2/3 do CRT e posteriormente, F1 (20.07), F2 (25.08) e F3 (30.09) no forame apical, com programação ajustada para 400 rpm e 4Ncm.

Houve substituição do sistema a cada 5 espécimes ou quando houvesse a deformação do instrumento. Um único operador experiente realizou todas as instrumentações. Durante a pesquisa, 2 espécimes foram danificados, sendo removidos da amostra. Para assegurar um padrão no quantitativo de cada grupo experimental, foram removidas mais 2 espécimes, totalizando a remoção de 4 espécimes, ficando cada grupo experimental com um n=14. O grupo controle manteve o quantitativo inicial.

3.7 Escaneamento Final com a Micro-CT e com a OCT

Após as instrumentações, os espécimes foram escaneados novamente com os sistemas SS-OCT e Micro-CT utilizando os mesmos parâmetros aplicados para o escaneamento inicial (pré-instrumentação).

3.8 Avaliação de Microfissuras

Três examinadores especialistas em endodontia previamente calibrados, avaliaram independentes e cegamente as imagens de OCT e de Micro-CT. Cada examinador analisou as fichas de avaliação com 2 imagens iniciais e 2 imagens finais de cada espécime, cada examinador registrou a presença ou ausência de microfaturas de cada espécime (Anexo B).

Seguindo a metodologia de DE-DEUS *et al.* (2015) quando uma linha de microfissura foi detectada na imagem final, a imagem inicial correspondente foi inspecionada para verificar a pré-existência de um defeito dentinário.

3.9 Análise Estatística

Para a análise estatística, os resultados obtidos a partir da avaliação de fraturas com as imagens da OCT foram comparados com a MicroCT. A sensibilidade, especificidade, valor preditivo positivo (VPP), valor preditivo negativo (VPN) e a acurácia foram determinados para cada examinador.

Para avaliar a concordância e confiabilidade interexaminadores e intraexaminadores, foi utilizado o Teste Kappa.

Para avaliar diferenças significativas entre os grupos, inicialmente obteve-se a moda entre os três examinadores para cada espécime avaliado. A partir dos valores da moda, a comparação entre os grupos em cada avaliação foi feita através do teste Exato de Fisher e/ou Teste Qui-quadrado de Pearson.

Para avaliar se a classificação dos avaliadores apresentaram diferenças estatisticamente significantes foi aplicado o teste da exato de Fisher.

Os dados foram digitados na planilha EXCEL e analisados utilizando o programa SPSS v.25 (SPSS Inc, Chicago, IL). O nível de significância foi de 5% ($p < 0,05$).

4 RESULTADOS

Pelo OCT, as diferenças entre os avaliadores não foram estatisticamente significantes ($p=0,120$) de acordo com o teste da Qui-quadrado de Pearson.

Em relação à concordância interexaminador (Teste Kappa), no OCT os avaliadores apresentaram uma concordância superior a 90,0%.

Na Tabela 1 se apresentam os resultados da presença ou ausência de fratura, considerando-se a moda entre os três examinadores. Assim sendo, verificou-se a presença de 4 elementos com fratura pela OCT e 10 elementos com fratura pela MicroCT. Destas, apenas 1 elemento foi visto com fratura em ambas as técnicas de diagnóstico. Contudo, a diferença entre os aparelhos não foi estatisticamente significativa, de acordo com o teste Exato de Fisher.

Tabela 1 - Resultados da análise da ocorrência de fratura da OCT e MicroCT considerando-se a moda entre os examinadores.

Fratura	OCT		MicroCT		OCT e MicroCT		p-valor ¹
	n	%	n	%	n	%	
Presente	4	6,6%	10	16,4%	1	1,6%	0,521
Ausente	57	93,4%	51	83,6%	60	98,4%	
Total	61	100%	61	100%	61	100%	

1-teste exato de Fisher

Na Tabela 2 pode-se observar os resultados da presença ou ausência de fratura, considerando-se a moda entre os grupos. Das 4 fraturas vistas pela OCT, uma única fratura foi vista no grupo Protaper Universal, 1 fratura no Protaper Next, nenhuma no grupo Protaper Gold e 2 fraturas no grupo Protaper Ultimate ($p>0,05$). Já na MicroCT, das 10 fraturas observadas, foi vista apenas 1 na ProTaper Universal, e 3 elementos com fratura foram vistos em cada um dos outros grupos (ProTaper Next, Gold e Ultimate), porém não houve diferença significativa estatisticamente. Pode-se concluir que não houve diferenças com significância estatística nos grupos entres OCT e MicroCT (Teste exato de Fisher).

Tabela 2 - Resultados da análise da ocorrência de fratura da OCT e MicroCT considerando-se a moda entre os grupos.

Grupo	Fratura (OCT)	MicroCT				Total		p-valor ¹
		Presente		Ausente		n	%	
		n	%	n	%			
Controle	Presente	-	-	-	-	-	-	*
	Ausente	-	-	5	100,0%	5	100,00%	
	Total	-	-	5	100,0%	5	100,00%	
ProTaper Universal	Presente	-	-	1	7,7%	1	7,10%	1,000
	Ausente	1	100,0%	12	92,3%	13	92,90%	
	Total	1	100,0%	13	100,0%	14	100,00%	
ProTaper Gold	Presente	-	-	-	-	-	-	*
	Ausente	3	100,0%	11	100,0%	14	100,00%	
	Total	3	100,0%	11	100,0%	14	100,00%	
ProTaper Next	Presente	0	0,0%	1	9,1%	1	7,10%	1,000
	Ausente	3	-	10	90,9%	13	92,90%	
	Total	3	100,0%	11	100,0%	14	100,00%	
ProTaper Ultimate	Presente	1	33,3%	1	9,1%	2	14,30%	0,396
	Ausente	2	66,7%	10	90,9%	12	85,70%	
	Total	3	100,0%	11	100,0%	14	100,00%	

1-teste exato de Fisher; não foi possível determinar o teste devido à presença de uma única categoria.

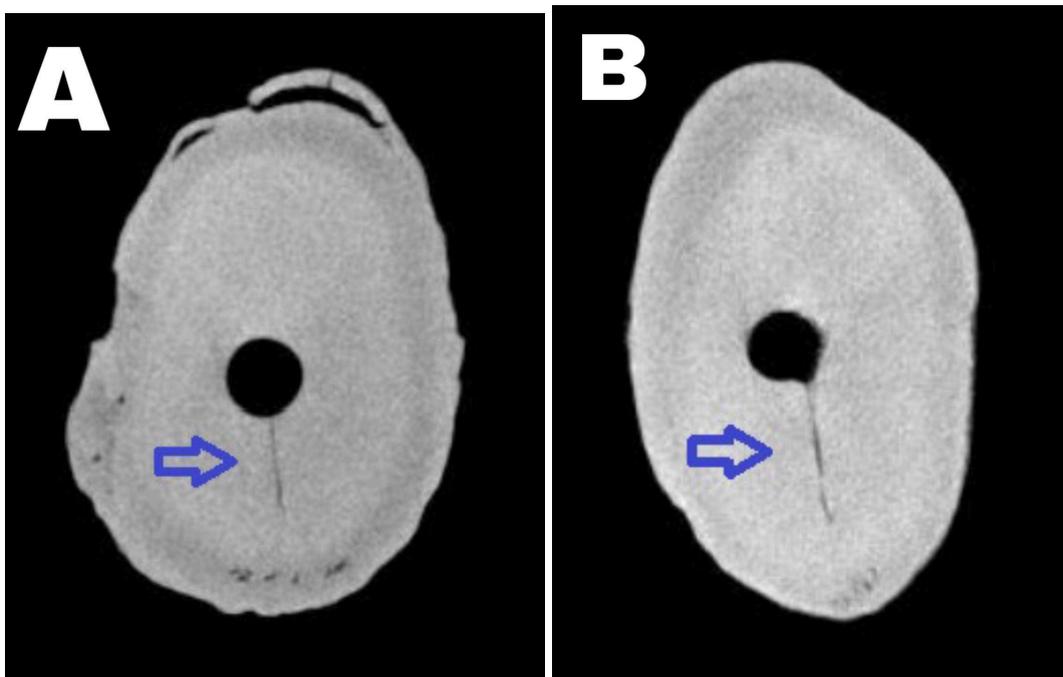
A Tabela 3 mostra os valores da sensibilidade, especificidade, VPP, VPN, acurácia do dispositivo OCT. Apresentou uma sensibilidade de 10,0%, especificidade de 94,1%, VPP de 25,0%, um VPN de 84,2%, acurácia de 80,00%, mostrando uma alta especificidade e um alto VPN, ou seja, a capacidade de não identificar uma fratura nos casos que realmente não tem fratura é alta. Isso ocorre também devido à baixa prevalência de casos positivos (fraturas).

Tabela 3 – Desempenho diagnóstico da OCT segundo a MicroCT.

Testes Diagnóstico	%
Sensibilidade	10,0%
Especificidade	94,1%
VPP	25,0%
VPN	84,2%
Acurácia	80,3%

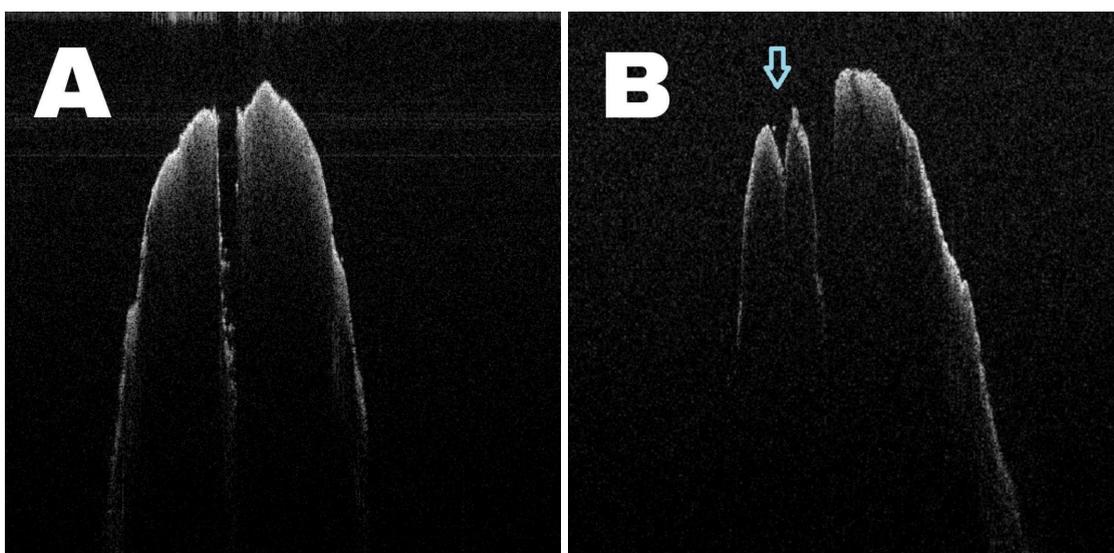
VPN, valor preditivo negativo; VPP, valor preditivo positivo;

Figura 6 - Imagens de Micro-CT - Exemplo de amostras com fratura. (A) Amostra 34. (B) Amostra 42.



Fonte: A autora, 2024.

Figura 7 - Imagens de OCT - Exemplo de amostra com fratura. (A) Amostra 10 inicial. (B) Amostra 10 final.



Fonte: A autora, 2024.

4.1 ARTIGO - AVALIAÇÃO COMPARATIVA DA MICRO-CT E DA OCT NA DETECÇÃO DE MICROFRATURAS PROMOVIDAS POR DIFERENTES SISTEMAS PROTAPER

Isabella da Rocha Rodrigues, MSc^a, Anderson Stevens Leonidas Gomes, MSc, PhD^b, Antonio Celso Dantas Antonino MSc, PhD^c, Daniel Amancio Duarte, MSc^c, Andréa Cruz Câmara, MSc, PhD^a, Carlos Menezes Aguiar, MSc, PhD^a

^aDepartamento de Prótese e Cirurgia BucoFacial, ^bDepartamento de Física, ^cDepartamento de Energia Nuclear - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil.

Autor correspondente: Isabella da Rocha Rodrigues, Av. Prof. Moraes Rego s/n, Cidade Universitária, 50670-901 Recife, PE - Brazil. Email: isabella.rrodrig@gmail.com Telephone: (+55) 81 9 96071811

Resumo

Introdução: Este estudo teve como objetivo avaliar comparativamente, através da Tomografia por Coerência Óptica (OCT) e da MicroTomografia Computadorizada (Micro-CT) a incidência de microfraturas apicais promovidas por diferentes gerações dos sistemas ProTaper. **Métodos:** Sessenta e cinco pré-molares unirradiculares inferiores humanos foram selecionados apresentando raiz reta, rizogênese completa, e diâmetro apical correspondente a lima tipo K 10#. Foram divididos por sorteio em cinco grupos, sendo um grupo controle (C) com 5 espécimes (n=5) e quatro grupos experimentais com 15 espécimes cada (n=15). Nos quatro grupos experimentais os espécimes foram instrumentados com os seguintes sistemas: Grupo ProTaper Universal - PtUn, Grupo ProTaper Next - PtN, Grupo ProTaper Gold - PtG e Grupo ProTaper Ultimate – PtUI. Todos os espécimes foram escaneados pela Micro-CT e pela OCT antes e após a instrumentação. Três examinadores avaliaram independentes e cegamente as imagens de Micro-CT e de OCT

registrando a presença ou ausência de microfissuras em cada espécime. **Resultados:** Verificou-se na OCT a presença de quatro elementos com fratura, sendo uma única fratura no grupo PtUn, uma fratura no PtN e duas fraturas no grupo PtUI. Já na MicroCT foram vistos 10 elementos com fratura, tendo vista uma fratura no grupo PtUn, e três fraturas em cada um dos demais grupos (PtN, PtG e PtUI), contudo não houve diferença com significância estatística nos grupos entre OCT e MicroCT ($p > 0,05$) de acordo com o teste exato de Fisher, o nível de significância foi de 5% ($p < 0,05$). **Conclusões:** Baseando-se na metodologia utilizada e nas limitações de um estudo in vitro, pode-se concluir que os quatro sistemas ProTaper possuem a mesma segurança em seu uso, além disso, a OCT é capaz de detectar microfraturas, porém com menor desempenho que a Micro-CT.

Palavras-chave

Endodontia. Fissuras dentárias. Microtomografia por Raio-X. Tomografia por Coerência Óptica.

Introdução

A introdução das ligas de níquel-titânio (NiTi) e o sistema de instrumentação automatizada, surgiram na endodontia para proporcionar procedimentos mais rápidos e com preparos dos canais radiculares anatomicamente mais previsíveis (1).

Na intenção de possibilitar tratamentos mais seguros, novas limas são constantemente introduzidas e aprimoradas, impactando positivamente os tratamentos realizados, diminuindo o risco de acidentes e a taxa de insucesso (2, 3). Ao longo dos anos, foram introduzidas sucessivas melhorias nestes instrumentos, incluindo diferentes tratamentos térmicos empregados durante o processo de fabricação (1, 4). O aperfeiçoamento desses instrumentos é relevante clinicamente, pois podem prolongar a vida útil e preservar a anatomia original do canal radicular (5).

Por apresentar mais força e velocidade, os sistemas rotatórios automatizados podem causar maior tensão nas paredes dentinárias com um potencial de se transformar em microfraturas dentinárias, o que diminui a longevidade dos dentes tratados endodonticamente (6, 7, 8). As fraturas são as queixas mais comuns após a

terapia endodôntica, que podem levar a uma falha no tratamento. Como as microfraturas nos dentes acometidos são geralmente microscópicas, são necessárias técnicas de diagnóstico eficazes para localizar e definir a extensão dessas linhas de fratura (9, 10).

A Microtomografia Computadorizada (Micro-CT) tem se mostrado útil na qualidade dos diagnósticos que apresenta, tem uma natureza não destrutiva, comparada ao método convencional de seccionamento radicular. Além disso, as imagens tridimensionais da micro-CT oferecem a possibilidade de avaliar centenas de fatias por dente, permitindo detectar com precisão a localização exata de uma microfissura (6, 11, 12, 13).

Além disso, permite visualizar e medir estruturas completas tridimensionais, além de realizar avaliação da densidade mineral, sendo considerado padrão ouro (14, 15).

Apesar de possuir inúmeras vantagens, não há possibilidade de utilizá-la in vivo pela intensidade da radiação necessária para a geração das imagens, além disso, esse método possui alto custo operacional e baixa disponibilidade. (15, 16).

Por outro lado, um sistema alternativo de diagnóstico é a Tomografia por Coerência Óptica (OCT). Foi introduzida em 1991 por Huang et al. (17), e é uma técnica de diagnóstico por imagem não destrutiva e não invasiva, por não utilizar radiação ionizante, capaz de gerar imagens de secção transversal em alta resolução da estrutura interna de materiais e tecidos biológicos, medindo a luz que é refletida e retroespehada, sem a necessidade de secção das amostras (18, 19, 20, 21).

Há na literatura alguns estudos utilizando a OCT na detecção de microfraturas radiculares (6, 19, 22, 23, 24, 25, 26, 27), apesar disso, os resultados ainda são divergentes, sendo necessário mais estudos que busquem novas técnicas precisas no auxílio do correto diagnóstico. Além disso, o sistema rotatório ProTaper Ultimate por ser uma nova ferramenta para instrumentação dos canais radiculares, necessita de uma melhor investigação e comprovação da segurança do seu uso, comparando-a com outros sistemas, tendo assim, um resultado do melhor custo-benefício.

Materiais e Métodos

Esta pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da Universidade Federal de Pernambuco sob Parecer: 6.280.0684.

2.1 Seleção e Preparo dos Espécimes

Foram selecionados sessenta e cinco dentes pré-molares inferiores unirradiculares humanos apresentando raíz reta, rizogênese completa, e com diâmetro apical correspondente a lima tipo K 10#. Foram excluídos dentes com mais de um canal radicular, com anomalia radicular, dentes que apresentavam fraturas/ trincas radiculares e dentes com intervenções endodônticas prévias. Todos os dentes foram obtidos do Banco de Dentes Humanos do Departamento de Prótese e Cirurgia Bucofacial, do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Ao final da pesquisa, os espécimes foram devolvidos ao Banco de Dentes.

Para assegurar a padronização, as porções coronárias dos espécimes foram seccionadas a nível da junção amelo-cementária utilizando um disco diamantado dupla face de baixa rotação (KG Sorensen, Rio de Janeiro, Brasil).

2.2 Escaneamento Inicial com a Micro-CT

A etapa seguinte constituiu no escaneamento utilizando o sistema micro-CT. O tomógrafo de micro-CT utilizado para os escaneamentos foi o modelo XTH225ST (Nikon, Tóquio, Japão) pertencente ao Laboratório de Tomografia Computadorizada de Raios X. Para os escaneamentos, foram utilizados blocos de isopor onde os espécimes foram inseridos em grupo de cinco, colocados em alturas diferentes para facilitar a identificação de cada espécime na imagem gerada. Em seguida, cada bloco foi introduzido na plataforma, de modo que o feixe de raios X penetrasse perpendicularmente o longo eixo das raízes.

Após a aquisição, um software de reconstrução de imagem, Nikon CT

Pro 3D (Nikon, Tóquio, Japão), foi utilizado para transformar a imagem do bloco de 5 amostras, em imagens 3D dos elementos individualizados. Posteriormente, outro software de análise e visualização de imagem, VG Studio Max, foi utilizado para ajustar os tons de cinza e salvar o volume da reconstrução em formato TIF. Por fim, outro software de processamento de imagem, ImageJ v.1.48, foi utilizado para transformar o volume em cortes tomográficos axiais, que facilitam a análise da presença ou ausência de microfraturas.

2.3 Escaneamento Inicial com o OCT

A etapa seguinte consistiu no escaneamento utilizando o sistema OCT spectral-domain (SD-OCT) (Lumetica, Durham, EUA). Durante os escaneamentos, massa de modelar foi utilizada para manter as raízes imóveis, de forma que o feixe de luz de varredura dos sistemas de OCT permanecesse orientado paralelamente ao longo eixo dos dentes, acima do ápice radicular.

Foram realizadas imagens a cada milímetro, da porção apical, utilizando o sistema de geração de imagem Lumetica OQ Labscope com parâmetros padronizados e com configuração de digitalização de alinhamento vertical. As imagens eram salvas diretamente em formato JPG.

2.5 Divisão dos Espécimes

Os espécimes foram divididos em cinco grupos por sorteio, onde os elementos foram enumerados e posteriormente sorteados em qual grupo pertenceriam. Um grupo controle (C) com 5 espécimes não instrumentados (n=5) e quatro grupos experimentais com 15 espécimes cada (n=15). Nos quatro grupos experimentais os espécimes foram instrumentados com os seguintes sistemas: Grupo ProTaper Universal - PtUn (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça), Grupo ProTaper Next - PtN (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça), Grupo ProTaper Gold - PtG (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça) e Grupo ProTaper Ultimate – PtUI (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça).

2.6 Preparo dos Canais Radiculares

A etapa seguinte foi realizada no Laboratório de Endodontia do Curso de Graduação em Odontologia, do Departamento de Clínica e Odontologia Preventiva, do Centro de Ciências da Saúde, da Universidade Federal de Pernambuco. Cada espécime teve o canal radicular irrigado com 2 mL de hipoclorito de sódio a 1% (Asfer Indústria Química, Santa Maria, Brasil) utilizando uma seringa plástica descartável (Ultradent, South Jordan, UT, EUA) e uma agulha NaviTip de calibre 20 (Ultradent, South Jordan, UT, EUA). O comprimento de trabalho foi determinado através da introdução de uma lima tipo K 10# no canal até ela ultrapassar 1 mm do forame apical e posteriormente, recuada 1 mm desta medida.

Os instrumentos foram utilizados acoplados ao motor X-Smart Plus (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça). A instrumentação foi feita com movimentos de bicada, com 3 bicadas por vez. A cada retirada da lima do canal, os instrumentos eram limpos e os canais eram irrigados e aspirados, isso foi feito também a cada troca de lima. Os espécimes foram instrumentados de acordo com as instruções do fabricante, seguindo a sequência:

Grupo PtUn - ProTaper Universal: SX (19.04), S1 (18.02) e S2 (20.04) em 2/3 do CRT e posteriormente, F1 (20.07), F2 (25.08), até a lima F3 (30.09), no forame apical, com programação ajustada para 250 rpm e 3Ncm.

Grupo PtN - ProTaper Next: X1 (17.04), X2 (25.06), até a lima X3 (30.07), no forame apical, com programação ajustada para 300 rpm e 2Ncm.

Grupo PtG - ProTaper Gold: SX (19.04), S1 (18.02) e S2 (20.04) em 2/3 do CRT e posteriormente, F1 (20.07), F2 (25.08), até a lima F3 (30.09), no forame apical, com programação ajustada para 300 rpm e 4Ncm.

Grupo PtUI - ProTaper Ultimate: Slide (16.02), Shaper (20.04) em 2/3 do CRT e posteriormente, F1 (20.07), F2 (25.08) e F3 (30.09) no forame apical, com programação ajustada para 400 rpm e 4Ncm.

Houve substituição do sistema a cada 5 espécimes ou quando houvesse a deformação do instrumento. Um único operador experiente realizou todas as instrumentações. Durante a pesquisa, 2 espécimes foram danificados, sendo removidos da amostra. Para assegurar um padrão no quantitativo de cada grupo experimental, foram removidas mais 2 espécimes, totalizando a remoção

de 4 espécimes, ficando cada grupo experimental com um n=14. O grupo controle manteve o quantitativo inicial.

2.7 Escaneamento Final com a OCT e com a MicroCT

Após as instrumentações, os espécimes foram escaneados novamente com os sistemas SS-OCT e MicroCT utilizando os mesmos parâmetros aplicados para o escaneamento inicial (pré-instrumentação).

2.8 Avaliação de Microfissuras

Três examinadores especialistas em endodontia previamente calibrados, avaliaram independentes e cegamente as imagens de OCT e de Micro-CT. Cada examinador analisou as fichas de avaliação com 2 imagens iniciais e 2 imagens finais de cada espécime, cada examinador registrou a presença ou ausência de microfraturas de cada espécime.

Análise Estatística

Para a análise estatística, os resultados obtidos a partir da avaliação de fraturas com as imagens da OCT foram comparados com a MicroCT. A sensibilidade, especificidade, valor preditivo positivo (VPP), valor preditivo negativo (VPN) e a acurácia foram determinados para cada examinador.

Para avaliar a concordância e confiabilidade interexaminadores e intraexaminadores, foi utilizado o Teste Kappa.

Para avaliar diferenças significativas entre os grupos, inicialmente obteve-se a moda entre os três examinadores para cada espécime avaliado. A partir dos valores da moda, a comparação entre os grupos em cada avaliação foi feita através do teste Exato de Fisher e/ou Teste Qui-quadrado de Pearson.

Para avaliar se a classificação dos avaliadores apresentaram diferenças estatisticamente significantes foi aplicado o teste da exato de Fisher.

Os dados foram digitados na planilha EXCEL e analisados utilizando o programa SPSS v.25 (SPSS Inc, Chicago, IL). O nível de significância foi de 5% ($p < 0,05$).

Resultados

Pelo OCT, as diferenças entre os avaliadores não foram estatisticamente significantes ($p=0,120$) de acordo com o teste da Qui-quadrado de Pearson.

Em relação à concordância interexaminador (Teste Kappa), no OCT os avaliadores apresentaram uma concordância superior a 90,0%.

Na Tabela 1 se apresentam os resultados da presença ou ausência de fratura, considerando-se a moda entre os três examinadores. Assim sendo, verificou-se a presença de 4 elementos com fratura pela OCT e 10 elementos com fratura pela MicroCT. Destas, apenas 1 elemento foi visto com fratura em ambas as técnicas de diagnóstico. Contudo, a diferença entre os aparelhos não foi estatisticamente significativa, de acordo com o teste Exato de Fisher.

Tabela 1 - Resultados da análise da ocorrência de fratura da OCT e MicroCT considerando-se a moda entre os examinadores.

Fratura	OCT		MicroCT		OCT e MicroCT		p-valor ¹
	n	%	n	%	n	%	
Presente	4	6,6%	10	16,4%	1	1,6%	0,521
Ausente	57	93,4%	51	83,6%	60	98,4%	
Total	61	100%	61	100%	61	100%	

1-teste exato de Fisher

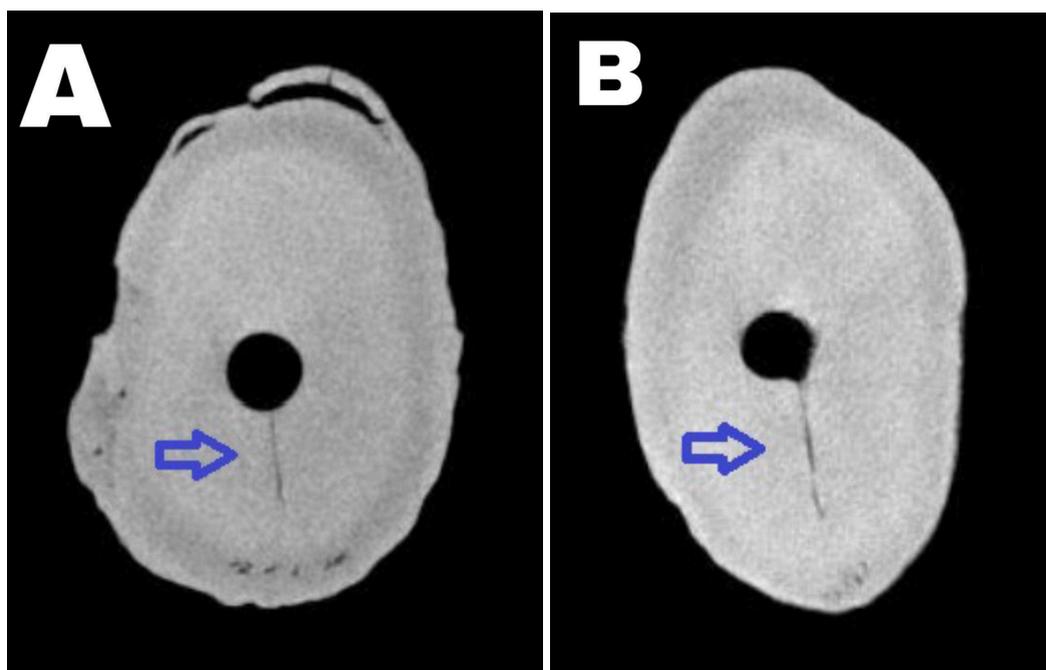
Na Tabela 2 pode-se observar os resultados da presença ou ausência de fratura, considerando-se a moda entre os grupos. Das 4 fraturas vistas pela OCT, uma única fratura foi vista no grupo Protaper Universal, 1 fratura no Protaper Next, nenhuma no grupo Protaper Gold e 2 fraturas no grupo Protaper Ultimate ($p>0,05$). Já na MicroCT, das 10 fraturas observadas, foi vista apenas 1 na ProTaper Universal, e 3 elementos com fratura foram vistos em cada um dos outros grupos (ProTaper Next, Gold e Ultimate), porém não houve diferença significativa estatisticamente. Pode-se concluir que não houve diferenças com significância estatística nos grupos entres OCT e MicroCT (Teste exato de Fisher).

Tabela 2 - Resultados da análise da ocorrência de fratura da OCT e MicroCT considerando-se a moda entre os grupos.

Grupo	Fratura (OCT)	MicroCT				Total		p-valor ¹
		Presente		Ausente		n	%	
		n	%	n	%			
Controle	Presente	-	-	-	-	-	-	*
	Ausente	-	-	5	100,0%	5	100,00%	
	Total	-	-	5	100,0%	5	100,00%	
ProTaper Universal	Presente	-	-	1	7,7%	1	7,10%	1,000
	Ausente	1	100,0%	12	92,3%	13	92,90%	
	Total	1	100,0%	13	100,0%	14	100,00%	
ProTaper Gold	Presente	-	-	-	-	-	-	*
	Ausente	3	100,0%	11	100,0%	14	100,00%	
	Total	3	100,0%	11	100,0%	14	100,00%	
ProTaper Next	Presente	0	0,0%	1	9,1%	1	7,10%	1,000
	Ausente	3	-	10	90,9%	13	92,90%	
	Total	3	100,0%	11	100,0%	14	100,00%	
ProTaper Ultimate	Presente	1	33,3%	1	9,1%	2	14,30%	0,396
	Ausente	2	66,7%	10	90,9%	12	85,70%	
	Total	3	100,0%	11	100,0%	14	100,00%	

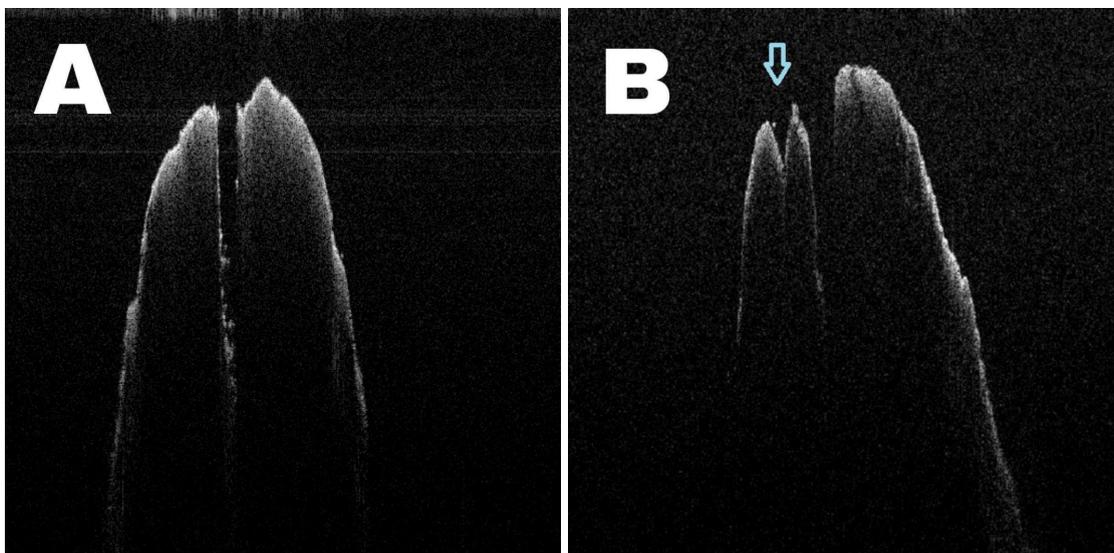
1-teste exato de Fisher; não foi possível determinar o teste devido à presença de uma única categoria.

Figura 1 - Imagens de Micro-CT - Exemplo de amostras com fratura. (A) Amostra 34. (B) Amostra 42.



Fonte: A autora, 2024.

Figura 2 - Imagens de OCT - Exemplo de amostra com fratura. (A) Amostra 10 inicial. (B) Amostra 10 final.



Fonte: A autora, 2024.

Segundo a Micro-CT, o dispositivo OCT apresentou uma sensibilidade de 10,0%, especificidade de 94,1%, VPP de 25,0%, um VPN de 84,2%, acurácia de 80,00%, mostrando uma alta especificidade e um alto VPN, ou seja, a capacidade de não identificar uma fratura nos casos que realmente não tem fratura é alta. Isso ocorre também devido à baixa prevalência de casos positivos (fraturas).

Discussão

No presente estudo, utilizou-se imagens de OCT e Micro-CT de dentes instrumentados com diferentes gerações dos ProTaper. A relevância do presente estudo está no fato de, até o presente momento, não haver na literatura estudo comparando os sistemas ProTaper de diferentes gerações na avaliação de microfraturas radiculares. Comparar limas do mesmo fabricante porém com características diferentes é importante para analisar o real custo-benefício dessas mudanças (28, 29).

Quanto à incidência de microfraturas, não houve diferença estatisticamente significativa entre os quatro grupos estudados, em

concordância com o estudo de Milani *et al.* (28) que também avaliaram fratura em dentes instrumentados pelas limas PT Universal, Next e Gold. Apesar de não ser significante estatisticamente, a OCT detectou uma fratura no grupo PT Universal, uma fratura no grupo PT Next e duas no grupo PT Ultimate. Nishad *et al.* (29) utilizaram Azul de Metileno a 1% e estereomicroscópio em seu estudo e obteve resultados semelhantes, a PT Universal produziu mais fraturas, seguida da PT Next e PT Gold. Assim como os resultados de Alkahtany *et al.* (12), utilizando a Micro-CT, a PT Universal aumentou a extensão das fraturas no terço cervical mas não no apical, essas fraturas já estavam presentes antes da instrumentação. Contudo, no estudo de De-Deus *et al.* (30), a PT Universal não apresentou fratura em nenhum elemento estudado.

Quando comparada a PT Gold, estudos mostraram que a PT Universal apresentou maior número de fraturas, concordando com os resultados encontrados neste estudo (31, 32, 33). Já no estudo de Patil *et al.* (8), a PT Gold obteve mais fraturas comparadas aos outros grupos estudados.

Diferentemente, do que já foi visto em outros estudos, onde fraturas não foram encontradas nos grupos instrumentados pela PT Next ou esta causou menos fraturas do que os outros grupos (13, 34-37), neste estudo a PT Next apresentou igual ou maior quantidade de fraturas comparada aos grupos estudados. Katanec *et al.* (13) não observaram nenhuma fratura no grupo PT Next, porém utilizaram dentes jovens e mais amplos e Çakici *et al.* (34) observaram menos fraturas nos dentes instrumentados pela PT Next comparada a outro grupo estudado de lima única.

A ProTaper Ultimate é a mais nova geração de limas do sistema ProTaper desenvolvido pela Dentsply-Sirona, portanto há poucos estudos sobre esses instrumentos na literatura e não há estudos que utilizam este instrumento na investigação de fraturas dentinárias. Diaconu *et al.* (38) compararam a PT Ultimate e a PT Gold em relação à resistência à fadiga cíclica, as limas PTUL mostraram resistência superior em relação às limas PTG. Sharawy, El Shater (39) utilizaram blocos de resina para avaliar a performance do PT Ultimate e esta obteve um preparo mais conservador porém apresentou desvio maior da trajetória original do canal comparado a PT Gold. Em nosso estudo, o único

elemento em que foi observado fratura em ambas as técnicas, OCT e Micro-CT, foi instrumentado pelo sistema PT Ultimate.

Os resultados encontrados neste estudo são inesperados pelo fato da ProTaper Ultimate ter apresentado mais fraturas, enquanto os outros grupos de lima que são menos flexíveis e possuem menos tratamentos térmicos, apresentaram menos fraturas, isso pode ser atribuído devido a um alto torque e rotação por minuto (rpm) utilizado pelo sistema PT Ultimate. Esse achado então em concordância com os de Amaral *et al.* (40), os quais observaram associação de alto torque utilizado com maior fratura de instrumentos, o que poderia ser associado também à fraturas na dentina radicular. Em contrapartida, a PT Next que utiliza o menor torque dos sistemas utilizados, possui menor sequência de limas, o que pode contribuir para maior concentração de força. Godiny *et al.* (9) observaram que sistemas com múltiplas limas causam menos fraturas quando comparados aos que utilizam lima única. E a ProTaper Universal que também apresentou fratura é um sistema pouco flexível, o que pode causar fraturas (12, 29, 31, 32, 33).

É consenso na literatura a utilização de pré-molares unirradiculares para avaliação de microfraturas (10, 13, 28, 29, 30, 32, 33). Outro aspecto relevante utilizado na literatura (31) é o seccionamento radicular em porções para visualização das microfraturas, no entanto, essa metodologia apresenta falhas, podendo gerar trincas no momento da secção, não sendo possível afirmar se as trincas foram causadas pela instrumentação ou pela secção. Stringheta *et al.* (37) realizaram estudo com imagens de Micro-CT de elementos instrumentados e posteriormente realizou cortes transversais de seccionamento radicular e observou a formação de novos defeitos resultantes do procedimento de secção que não foram resultantes da instrumentação.

A grande maioria dos estudos que buscam investigar a incidência de fraturas, utilizam em sua metodologia a Micro Tomografia Computadorizada, considerada padrão-ouro por adquirir imagens de altíssima definição (12, 13, 30, 33-37, 41, 42). Lima em 2021 (15) comparou a Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico (TCFC) com a Micro-CT e a TCFC não foi um método eficaz para pareamento e padronização de amostras. Apesar disso, a Micro-CT utiliza intensa radiação, sendo necessária a busca de novas técnicas menos prejudiciais.

As investigações utilizando OCT e Micro-CT na odontologia são vastas. As investigações de OCT mostraram-se qualificadas para visualizar estruturas na interface entre o material obturador e o tecido duro dentário, assim como na Micro-CT (43). OCT e Micro-CT tiveram semelhante capacidade para detectar espaços vazios e preenchimento de canal (44), assim como investigação de cárie (45), interfaces de restaurações (46), além de ser utilizada in vivo na periodontia com eficácia (20).

A capacidade da Tomografia por Coerência Óptica para a visualização de fraturas dos canais radiculares promovidas pela instrumentação durante a terapia endodôntica não é totalmente consolidada na literatura. Nesta investigação a OCT identificou 4 elementos com fraturas enquanto a Micro-CT identificou 10. Das 10 fraturas que a Micro-CT observou, a OCT identificou 1, resultado divergente de estudos que compararam OCT e Micro-CT e ambas tiveram igual capacidade de identificar fraturas (16, 25, 26). Considerando a Micro-CT como padrão-ouro, a OCT não teve bom desempenho, assim como observaram Rashed *et al.* em 2019 (47), e o nosso resultado pode ser devido ao fato da OCT não possuir acurácia para identificar fraturas em cortes de imagens verticais.

Quando comparada a TCFC, a OCT obteve melhores resultados para identificar fraturas por não produzir artefatos (19). Os estudos têm resultados controversos, e há poucos estudos que utilizaram em sua metodologia a comparação da Micro-CT com a OCT, para comprovar se as fraturas encontradas por esta são verdadeiras (16, 25, 26, 47). Portanto, são necessários mais estudos que busquem comprovar a eficiência dessa técnica na detecção de fraturas promovidas pela instrumentação dos canais radiculares.

Estudos que utilizaram a OCT para detectar trincas dentinárias realizam cortes transversais nas imagens realizadas (16, 31, 47), entretanto, não há estudos que analisem a presença de trincas observando cortes verticais nas imagens da OCT, como no presente estudo.

A presente investigação demonstrou que ambos os sistemas, OCT e Micro-CT foram capazes de fornecer imagens nítidas de microfraturas, porém a Micro-CT identificou maior número de elementos com fraturas comparado a OCT (47), não sendo estatisticamente significante. Poucos estudos obtiveram

como resultado capacidade semelhante entre ambas as técnicas (16, 26), esse resultado pode ser atribuído ao fato desses estudos utilizarem cortes transversais de imagem, diferente do nosso estudo que utilizou cortes verticais de imagem.

A configuração atual da OCT ainda é uma limitação para a utilização desta no ambiente clínico. No entanto, mesmo com limitações, é necessário apostar nessa técnica devido às suas inúmeras vantagens, sendo importante o aprimoramento desse dispositivo para futuramente ser uma técnica amplamente utilizada.

Baseando-se na metodologia utilizada e nas limitações de um estudo in vitro, pode-se concluir que os quatro sistemas ProTaper tem a mesma probabilidade de causar fraturas, além disso, a OCT é capaz de detectar microfraturas, porém com menor desempenho que a Micro-CT.

Agradecimentos

Este estudo foi apoiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), agência brasileira.

Os autores agradecem ao Laboratório de Fotônica do Departamento de Física da Universidade Federal de Pernambuco pelos escaneamentos com a Tomografia por Coerência Óptica e ao Laboratório de Tomografia Computadorizada de Raios X do Departamento de Energia Nuclear da UFPE.

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

Referências Bibliográficas

1. Gavini G, Santos M, Caldeira CL, et al. Nickel–titanium instruments in endodontics: a concise review of the state of the art . Braz. Oral Res. 2018; Oct 18;32(suppl 1):e67.
2. Dalcastagner A. Várias Gerações de Sistema Protaper® - Revisão Narrativa [dissertation]. Porto: Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade Fernando Pessoa; 2022.

3. Ferraz KG, Ferraz MN, Meira GF, et al. A evolução das limas endodônticas – revisão de literatura. *Res, Soc Dev.* 2022; 11(17):e226111739280.
4. Rubio J, Zarzosa JI, Aranda S, et al. A comparative study of cyclic fatigue of 6 endodontic systems. An in vitro study. *J Clin Exp Dent.* 2022;14(7):e560-5.
5. Martins JNR, Silva EJNL, Marques D, et al. Characterization of the file-specific heat-treated ProTaper Ultimate rotary system. *Int Endod J.* 2022; Apr; 56(4):530-542.
6. Oliveira BP, Câmara AC, Duarte DA, et al. Detection of Apical Root Cracks Using Spectral Domain and Swept-source Optical Coherence Tomography. *J Endod.* 2017; 43(7):1148-1151.
7. Khoshbin E, Donyavi Z, Atibeh EA, et al. The Effect of Canal Preparation with Four Different Rotary Systems on Formation of Dentinal Cracks: An In Vitro Evaluation. *Iran Endod J.* 2018 ;13(2): 163-168.
8. Patil MB, Mandroli PS, Jalannavar P, et al. Dentinal Microcracks after Root Canal Preparation in Primary Root: An In Vitro Evaluation of ProTaper Gold and Kedo-S Rotary File Systems. *Int J Clin Pediatr Dent.* 2023; Sep-Oct;16(5):692-697.
9. Godiny M, Jalali SK, Khavid A, et al. Simulated Evaluation of Tooth Fracture Resistance during Instrumentation with Single-and Multi-file Rotary Systems. *Iran Endod J.* 2021;16(4): 232-237.
10. De Carlo Bello M, Pillar R, Lang PM, et al. Incidence of Dentinal Defects and Vertical Root Fractures after Endodontic Retreatment and Mechanical Cycling. *Iran Endod J.* 2017;12(4):502-507.
11. Van der Vyver PJ, Paleker F, Vorster M, et al. Root Canal Shaping Using Nickel Titanium, M-Wire, and Gold Wire: A Micro-computed Tomographic Comparative Study of One Shape, ProTaper Next, and WaveOne Gold Instruments in Maxillary First Molars. *J Endod.* 2019; Jan; 45(1):62-67.
12. Alkahtany SM, Al-Madi EM. Dentinal Microcrack Formation after Root Canal Instrumentation by XP-Endo Shaper and ProTaper Universal: A Microcomputed Tomography Evaluation. *Int J Dent.* 2020; Apr 8:2020:4030194.
13. Katanec T, Miletić I, Baršić G, et al. Incidence of Dentinal Microcracks during Root Canal Preparation with Self Adjusting File, Reciproc Blue and ProTaper Next. *Iran Endod J.* 2020;15(1): 6-11.
14. Rêgo LCN. Avaliação por Microtomografia Computadorizada de Alterações Superficiais no Esmalte Dentário. Viseu: Universidade Católica Portuguesa; 2020.
15. Lima JS. Pareamento para padronização inicial de amostra em pesquisas de endodontia usando microtomografia computadorizada e tomografia

computadorizada de feixe cônico [dissertação]. Curitiba: Universidade Positivo; 2021.

16. Oliveira BP. Detecção de Microfissuras Radiculares Apicais: um estudo por meio de tomografia por coerência óptica e microtomografia computadorizada [tese]. Recife: Centro de Ciências da Saúde, Universidade Federal de Pernambuco; 2019.

17. Huang D, Swanson EA, Lin CP, et al. Optical coherence tomography. *Science*. 1991; Nov 22;254(5035):1178-81.

18. Machoy M, Seeliger J, Szyszka-Sommerfeld L, et al. The Use of Optical Coherence Tomography in Dental Diagnostics: A State-of-the-Art Review. *J Healthc Eng*. 2017; 2017:7560645.

19. Costa VS. Análise Comparativa da Acurácia no Diagnóstico de Fraturas Radiculares in vitro por Meio da Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico e Tomografia por Coerência Óptica [tese]. Campinas: Centro de Pesquisas Odontológicas, São Leopoldo Mandic; 2018.

20. Tsubokawa M, Aoki A, Kakizaki S, et al. In vitro and clinical evaluation of optical coherence tomography for the detection of subgingival calculus and root cementum. *J Oral Sci*. 2018; Sep 23;60(3):418-427.

21. Zhou Y, Shimada Y, Matin K, et al. Assessment of root caries under wet and dry conditions using swept-source optical coherence tomography (SS-OCT). *Dent Mater J*. 2018; Nov 30;37(6):880-888.

22. Shemesh H, Soest GV, Wu MK, et al. Diagnosis of Vertical Root Fractures with Optical Coherence Tomography. *J Endod*. 2008; Jun;34(6):739-42.

23. Imai K, Shimada Y, Sadr A, et al. Noninvasive Cross-sectional Visualization of Enamel Cracks by Optical Coherence Tomography In Vitro. *J Endod*. 2012; Sep; 38(9):1269-74.

24. Nakajima Y, Shimada T, Miyashin M, et al. Noninvasive cross-sectional imaging of incomplete crown fractures (cracks) using swept-source optical coherence tomography. *Int Endod J*. 2012; Oct;45(10):933-41.

25. Yoshioka T, Sakaue H, Ishimura H, et al. Detection of Root Surface Fractures with Swept-Source Optical Coherence Tomography (SS-OCT). *Photomed Laser Surg*. 2013; Jan;31(1):23-7.

26. Lee SH, Lee JJ, Chung HJ, et al. Dental optical coherence tomography: new potential diagnostic system for cracked-tooth syndrome. *Surg Radiol Anat*. 2016; Jan;38(1):49-54.

27. Segarra MS, Shimada Y, Sadr A, et al. Three-Dimensional Analysis of Enamel Crack Behavior Using Optical Coherence Tomography. *J Dent Res*. 2017; Mar;96(3):308-314.

28. Milani AS, Ganjpour S, Dehghani F, et al. Comparison of the fracture resistance of the teeth prepared with ProTaper Universal, ProTaper Next, and ProTaper Gold rotary files. *Clin Exp Dent Res*. 2022; Dec;8(6):1421-1425.
29. 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 In vitro Study. *Contemp Clin Dent*. 2018; Jun;9(Suppl 1):S34-S38.
30. De-Deus G, Carvalhal JCA, Belladonna FG, et al. Dentinal Microcrack Development after Canal Preparation: A Longitudinal in Situ Micro-computed Tomography Study Using a Cadaver Model. *J Endod*. 2017; Sep;43(9):1553-1558.
31. Chen C, Zhang W, Liang Y. Evaluation of apical root defects during canal instrumentation with two different nickel-titanium (NiTi) systems by optical coherence tomography (OCT) scan. *J Dent Sci*. 2022; Apr;17(2):763-770.
32. Devi TP, Kaur A, Priyadarshini S, et al. Microscopic Assessment of Dentinal Defects Induced by ProTaper Universal, ProTaper Gold, and Hyflex Electric Discharge Machining Rotary File Systems – An in vitro Study. *Contemp Clin Dent*. 2021; Jul-Sep;12(3):230-234.
33. Bayram HM, Bayram E, Ocak M, et al. Effect of ProTaper Gold, Self-Adjusting File, and XP-endo Shaper Instruments on Dentinal Microcrack Formation: A Micro-computed Tomographic Study. *J Endod*. 2017; Jul;43(7):1166-1169.
34. Çakici F, Çakici EB, Sadik B, et al. Comparison of newly formed microcracks after instrumentation using Protaper Next, Reciproc and Self-Adjusting File systems. *Eur Oral Res*. 2019; Jan;53(1):21-24.
35. Cassimiro M, Romeiro K, Gominho L, et al. Occurrence of dentinal defects after root canal preparation with R-phase, M-Wire and Gold Wire instruments: a micro-CT analysis. *BMC Oral Health*. 2017; Jun 2;17(1):93.
36. 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(7):1116-1119.
37. Stringheta CP, Pelegrine RA, Kato AS, et al. Micro-computed Tomography versus the Cross-sectioning Method to Evaluate Dentin Defects Induced by Different Mechanized Instrumentation Techniques. *J Endod*. 2017; Dec;43(12):2102-2107.
38. Diaconu CT, Diaconu AE, Tuculina MJ, et al. Assessment of the Cyclic Fatigue Performance of the Novel Protaper Ultimate File System Used in Different Kinematics: An In Vitro Study. *J Funct Biomater*. 2024; Mar 29;15(4):85.

39. Sharawy WW, El Shater WH. Shaping Ability of Protaper Gold and Protaper Ultimate in Simulated Root Canals: A Comparative Study. *Sch J Dent Sci.* 2023; Jan 10(1): 12-19.
40. Amaral G, Nascimento JR, Castro AJR. Avaliação da influência do torque na fratura de instrumentos rotatórios em ensaio dinâmico. *Nav Dent J.* 2014; 41 (1): 15-20.
41. Li ML, Liao WL, Cai HX. A micro-computed tomographic evaluation of dentinal microcrack alterations during root canal preparation using single-file Ni-Ti systems. *Exp Ther Med.* 2018; Jan;15(1):494-499.
42. Zuolo ML, De-Deus G, Belladonna FG, et al. Micro-Computed Tomography Assessment of Dentinal Micro-cracks after Root Canal Preparation with TRUShape and Self-Adjusting File Systems. *J Endod.* 2017; Abr 43 (4): 619-622.
43. Togue MM, Craciunescu EL, Topala FI, et al. Endodontic fillings evaluated using en face OCT, microCT and SEM. *Rom J Morphol Embryol.* 2021; Jul-Sep;62(3):793-800.
44. Suassuna FCM, Maia AMA, Melo DP, et al. Comparison of microtomography and optical coherence tomography on apical endodontic filling analysis. *Dentomaxillofac Radiol.* 2018; Feb;47(2):20170174.
45. Chang NYN, Dillas T, Zhu Y, et al. Assessment of the activity of secondary caries lesions with short-wavelength infrared, thermal, and optical coherence tomographic imaging. *J Biomed Opt.* 2023; Sep;28(9):094801.
46. Turk AG, Sabuncu M, Ulusoy M. Evaluation of adaptation of ceramic inlays using optical coherence tomography and replica technique. *Braz. Oral Res.* 2018; 32:e005.
47. Rashed B, Iino Y, Ebihara A, et al. Evaluation of Crack Formation and Propagation with Ultrasonic Root-End Preparation and Obturation Using a Digital Microscope and Optical Coherence Tomography. *Scanning.* 2019; Dec 30:2019:5240430.

5 CONCLUSÕES

Baseando-se na metodologia utilizada e nas limitações de um estudo in vitro, pode-se concluir que os quatro sistemas ProTaper possuem a mesma segurança em seu uso, além disso, a OCT é capaz de detectar microfraturas, porém com menor desempenho que a Micro-CT.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alkahtany SM, Al-Madi EM. Dentinal Microcrack Formation after Root Canal Instrumentation by XP-Endo Shaper and ProTaper Universal: A Microcomputed Tomography Evaluation. *Int J Dent*. 2020; Apr 8:2020:4030194.

Amaral G, Nascimento JR, Castro AJR. Avaliação da influência do torque na fratura de instrumentos rotatórios em ensaio dinâmico. *Nav Dent J*. 2014; 41 (1): 15-20.

Bayram HM, Bayram E, Ocak M, Uygun AD, Celik HH. Effect of ProTaper Gold, Self-Adjusting File, and XP-endo Shaper Instruments on Dentinal Microcrack Formation: A Micro-computed Tomographic Study. *J Endod*. 2017; Jul;43(7):1166-1169.

Cassimiro M, Romeiro K, Gominho L, Almeida A, Costa L, Albuquerque D. Occurrence of dentinal defects after root canal preparation with R-phase, M-Wire and Gold Wire instruments: a micro-CT analysis. *BMC Oral Health*. 2017; Jun 2;17(1):93.

Chan WS, Gulati K, Peters OA. Advancing Nitinol: From heat treatment to surface functionalization for nickel-titanium (NiTi) instruments in endodontics. *Bioact Mater*. 2023; Apr 22, 91-111.

Chang NYN, Dillas T, Zhu Y, Fried D. Assessment of the activity of secondary caries lesions with short-wavelength infrared, thermal, and optical coherence tomographic imaging. *J Biomed Opt*. 2023; Sep;28(9):094801.

Chen C, Zhang W, Liang Y. Evaluation of apical root defects during canal instrumentation with two different nickel-titanium (NiTi) systems by optical coherence tomography (OCT) scan. *J Dent Sci*. 2022; Apr;17(2):763-770.

Costa VS. Análise Comparativa da Acurácia no Diagnóstico de Fraturas Radiculares in vitro por Meio da Tomografia Computadorizada de Feixe Côncavo e Tomografia por Coerência Óptica [tese]. Campinas: Centro de Pesquisas Odontológicas, São Leopoldo Mandic; 2018.

Çakici F, Çakici EB, Sadik B, Keles A, Kuçukekenci FF. Comparison of newly formed microcracks after instrumentation using Protaper Next, Reciproc and Self-Adjusting File systems. *Eur Oral Res*. 2019; Jan;53(1):21-24.

Dalcastagner A. Várias Gerações de Sistema Protaper® - Revisão Narrativa [dissertação]. Porto: Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade Fernando Pessoa; 2022.

De-Deus G, Belladonna FG, Souza EM, Silva EJNL, Neves AA, Alves H, Lopes RT, Versiani MA. Micro-computed Tomographic Assessment on the Effect of ProTaper Next and Twisted File Adaptive Systems on Dentinal Cracks. *J Endod*. 2015; 41(7):1116-1119.

De-Deus G, Carvalhal JCA, Belladonna FG, Silva EJNL, Lopes RT, Moreira Filho RE, Souza EM, Provenzano JC, Versiani MA. Dentinal Microcrack Development after Canal Preparation: A Longitudinal in Situ Micro-computed Tomography Study Using a Cadaver Model. *J Endod.* 2017; Sep;43(9):1553-1558.

De Carlo Bello M, Pillar, R, Lang PM, Michelon C; Rosa RA, Bier CAS. Incidence of Dentinal Defects and Vertical Root Fractures after Endodontic Retreatment and Mechanical Cycling. *Iran Endod J.* 2017; 12(4): 502-507.

Devi TP, Kaur A, Priyadarshini S, Deepak BS, Banerjee S, Sanjeeta N. Microscopic Assessment of Dentinal Defects Induced by ProTaper Universal, ProTaper Gold, and Hyflex Electric Discharge Machining Rotary File Systems – An in vitro Study. *Contemp Clin Dent.* 2021; Jul-Sep;12(3):230-234.

Diaconu CT, Diaconu AE, Tuculina MJ, Mihai LL, Gheorghita M, Gheorghita LM, Marasescu P, Gliga A, Diaconu OA. Assessment of the Cyclic Fatigue Performance of the Novel Protaper Ultimate File System Used in Different Kinematics: An In Vitro Study. *J Funct Biomater.* 2024; Mar 29;15(4):85.

Ferraz KG, Ferraz MN, Meira GF, Barbosa KAG, João MMBP, Silva ALC. A evolução das limas endodônticas – revisão de literatura. *Res, Soc Dev.* 2022; 11(17):e226111739280.

Gavini G, Santos M, Caldeira CL, Machado MEL, Freire LG, Iglecias EF, Peters OA, Candeiro GTM. Nickel–titanium instruments in endodontics: a concise review of the state of the art . *Braz. Oral Res.* 2018; Oct 18;32(suppl 1):e67.

Gentile E, Maio C, Romano A, Laino L, Lucchese A. The potential role of in vivo optical coherence tomography for evaluating oral soft tissue : a systematic review. *J Oral Pathol Med.* 2017 Nov;46(10):864-876.

Giucoane C. ProTaper Ultimate: The Ultimate solution in endodontics. *Medic Endodont.* 2022; 17(2): (63), 06.

Godiny M, Jalali SK, Khavid A, Fatahy A. Simulated Evaluation of Tooth Fracture Resistance during Instrumentation with Single-and Multi-file Rotary Systems. *Iran Endod J.* 2021;16(4): 232-237.

Gozde TA, MetinS, Mubin U. Evaluation of adaptation of ceramic inlays using optical coherence tomography and replica technique. *Braz Oral Res.* 2018; Feb 1:32:e005.

Huang D, Swanson EA, Lin CP, Schuman JS, Stinson WG, Chang W, Hee MR, Flotte T, Gregory K, Puliafito CA, Fujimoto JG. Optical Coherence Tomography. *Science.* 1991; Nov 22;254(5035):1178-81.

Imai K, Shimada Y, Sadr A, Sumi Y, Tagami J. Noninvasive Cross-sectional Visualization of Enamel Cracks by Optical Coherence Tomography In Vitro. *J Endod.* 2012; Sep; 38(9):1269-74.

Katanec T, Miletić I, Baršić G, Kqiku-Biblekaj L, Žižak M, Krmek SJ. Incidence of Dentinal Microcracks during Root Canal Preparation with Self Adjusting File, Reciproc Blue and ProTaper Next. *Iran Endod J.* 2020;15(1): 6-11.

Katkar RA, Tadinada SA, Amaechi BT, Fried D. Optical Coherence Tomography. *Dent Clin North Am.* 2018; Jul;62(3):421-434.

Khoshbin E, Donyavi Z, Atibeh EA, Roshanaei G, Amani F. The Effect of Canal Preparation with Four Different Rotary Systems on Formation of Dentinal Cracks: An In Vitro Evaluation. *Iran Endod J.* 2018;13(2): 163-168.

Lee SH, Lee JJ, Chung HJ, Park JT, Kim HJ. Dental optical coherence tomography: new potential diagnostic system for cracked-tooth syndrome. *Surg Radiol Anat.* 2016; Jan;38(1):49-54.

Li ML, Liao WL, Cai HX. A micro-computed tomographic evaluation of dentinal microcrack alterations during root canal preparation using single-file Ni-Ti systems. *Exp Ther Med.* 2018; Jan;15(1):494-499.

Lima JS. Pareamento para padronização inicial de amostra em pesquisas de endodontia usando microtomografia computadorizada e tomografia computadorizada de feixe cônico [dissertação]. Curitiba: Universidade Positivo; 2021.

Machoy M, Seeliger J, Szyszka-Sommerfeld L, Koprowski R, Gedrange T, Woźniak K. The Use of Optical Coherence Tomography in Dental Diagnostics: A State-of-the-Art Review. *J Healthc Eng.* 2017; 2017:7560645.

Martins JNR, Silva EJNL, Marques D, Ajuz N, Pereira MR, Costa RP, Fernandes FMB, Versiani MA. Characterization of the file-specific heat-treated ProTaper Ultimate rotary system. *Int Endod J.* 2022; Apr; 56(4):530-542.

Matea M, Nicola A, Turcu A, Bunget A, Bătăiosu M, Diaconu C, Dascălu IT, Georgescu RV, Țuculină MJ. Clinical and Theoretical Aspects of The Use of Protaper Gold and Protaper Next Needle Systems in Endodontic Treatment. *Rom J Med Dent Educ.* 2021; Jan-Fev;10(1):50-57.

Milani AS, Ganjpour S, Dehghani F, Rahimi S, Sabanik P. Comparison of the fracture resistance of the teeth prepared with ProTaper Universal, ProTaper Next, and ProTaper Gold rotary files. *Clin Exp Dent Res.* 2022; Dec;8(6):1421-1425.

Nakajima Y, Shimada T, Miyashin M, Takagi Y, Tagami Y, Sumi Y. Noninvasive cross-sectional imaging of incomplete crown fractures (cracks) using swept-source optical coherence tomography. *Int Endod J.* 2012; Oct;45(10):933-41.

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 In vitro Study. *Contemp Clin Dent*. 2018; Jun;9(Suppl 1):S34-S38.

Oliveira BP. Detecção de Microfissuras Radiculares Apicais: um estudo por meio de tomografia por coerência óptica e microtomografia computadorizada [tese]. Recife: Centro de Ciências da Saúde, Universidade Federal de Pernambuco; 2019.

Oliveira BP, Câmara AC, Duarte DA, Gomes ASL, Heck RJ, Antonino ACD, Aguiar CM. Detection of Apical Root Cracks Using Spectral Domain and Swept-source Optical Coherence Tomography. *J Endod*. 2017; Jul;43(7):1148-1151.

Patil MB, Mandroli PS, Jalannavar P, Patil BB. Dentinal Microcracks after Root Canal Preparation in Primary Root: An In Vitro Evaluation of ProTaper Gold and Kedo-S Rotary File Systems. *Int J Clin Pediatr Dent*. 2023; Sep-Oct;16(5):692-697.

Rashed B, Iino Y, Ebihara A, Okiji T. Evaluation of Crack Formation and Propagation with Ultrasonic Root-End Preparation and Obturation Using a Digital Microscope and Optical Coherence Tomography. *Scanning*. 2019; Dec 30:2019:5240430.

Rêgo LCN. Avaliação por Microtomografia Computadorizada de Alterações Superficiais no Esmalte Dentário. Viseu: Universidade Católica Portuguesa; 2020.

Rubio J, Zarzosa JI, Aranda S, Casino A, Pallarés A. A comparative study of cyclic fatigue of 6 endodontic systems. An in vitro study. *J Clin Exp Dent*. 2022;14(7):e560-5.

Segarra MS, Shimada Y, Sadr A, Sumi Y, Tagami J. Three-Dimensional Analysis of Enamel Crack Behavior Using Optical Coherence Tomography. *J Dent Res*. 2017; Mar;96(3):308-314.

Sharawy WW, Sheter WH. Shaping Ability of Protaper Gold and Protaper Ultimate in Simulated Root Canals: A Comparative Study. *Sch J Dent Sci*. 2023; 10(1): 12-19.

Shemesh H, Soest GV, Wu MK, Wesselink PR. Diagnosis of Vertical Root Fractures with Optical Coherence Tomography. *J Endod*. 2008; Jun;34(6):739-42.

Stringheta CP, Pelegrine RA, Kato AS, Freire LG, Iglecias EF, Gavini G, Bueno CES. Micro-computed Tomography versus the Cross-sectioning Method to Evaluate Dentin Defects Induced by Different Mechanized Instrumentation Techniques. *J Endod*. 2017; Dec;43(12):2102-2107.

Suassuna FCM, Maia AMA, Melo DP, Antonino ACD, Gomes ASL, Bento PM. Comparison of microtomography and optical coherence tomography on apical endodontic filling analysis. *Dentomaxillofac Radiol.* 2018; Feb;47(2):20170174.

Togoe MM, Craciunescu EL, Topala FI, Sinescu C, Nica LM, Ionita C, Duma VF, Rominu M, Podoleanu AG, Negrutiu ML. Endodontic fillings evaluated using en face OCT, microCT and SEM. *Rom J Morphol Embryol.* 2021; Jul-Sep;62(3):793-800.

Tsubokawa M, Aoki A, Kakizaki S, Taniguchi Y, Ejiri K, Mizutani K, Koshy G, Akizuki T, Oda S, Sumi Y, Izumi Y. In vitro and clinical evaluation of optical coherence tomography for the detection of subgingival calculus and root cementum. *J Oral Sci.* 2018; Sep 23;60(3):418-427.

Turk AG, Sabuncu M, Ulusoy M. Evaluation of adaptation of ceramic inlays using optical coherence tomography and replica technique. *Braz. Oral Res.* 2018; 32:e005.

Van der Vyver PJ, Paleker F, Vorster M, Wet FA. Root Canal Shaping Using Nickel Titanium, M-Wire, and Gold Wire: A Micro-computed Tomographic Comparative Study of One Shape, ProTaper Next, and WaveOne Gold Instruments in Maxillary First Molars. *J Endod.* 2019; Jan; 45(1):62-67.

Van der Vyver PJ, Vorster M. Minimally invasive, conventional and large root canal system endodontics using a new Rotary File System. *Int dent (Afr ed).* 2022; Dec-Jan; 11(6):32-46.

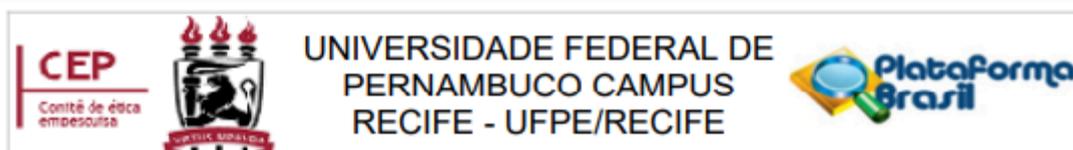
Wang Y, Liu S, Lou S, Zhang W, Cai H, Chen X. Application of optical coherence tomography in clinical diagnosis. *J Xray Sci Technol.* 2019; 27(6): 995–1006.

Yoshioka T, Sakaue H, Ishimura H, Ebihara A, Suda H, Sumi Y. Detection of Root Surface Fractures with Swept-Source Optical Coherence Tomography (SS-OCT). *Photomed Laser Surg.* 2013; Jan;31(1):23-7.

Zhou Y, Shimada Y, Matin K, Sadr A, Yoshiyama M, Sumi Y, Tagami J. Assessment of root caries under wet and dry conditions using swept-source optical coherence tomography (SS-OCT). *Dent Mater J.* 2018; Nov 30;37(6):880-888.

Zuolo ML, De-Deus G, Belladonna FG, Silva EJNL, Lopes RT, Souza EM, Versiani MA, Zaia AA. Micro-Computed Tomography Assessment of Dentinal Micro-cracks after Root Canal Preparation with TRUShape and Self-Adjusting File Systems. *J Endod.* 2017; Abr 43 (4): 619-622.

ANEXO A - PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: AVALIAÇÃO COMPARATIVA DA MICRO-CT E DA OCT NA DETECÇÃO DE MICROFRATURAS PROMOVIDAS POR DIFERENTES SISTEMAS PROTAPER

Pesquisador: Isabella da Rocha Rodrigues

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 69936923.2.0000.5208

Instituição Proponente: CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

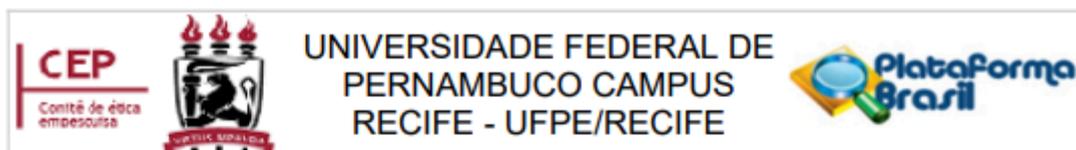
DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 6.280.684

Apresentação do Projeto:

Os sistemas mecânico-rotatórios surgiram na Endodontia como uma técnica para viabilizar procedimentos mais rápidos em comparação às técnicas convencionais utilizando limas manuais. Na intenção de possibilitar tratamentos mais seguros, novas limas são constantemente produzidas e aprimoradas. As limas rotatórias ProTaper Universal (PTU) (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) são produzidas com liga de NiTi convencional, que é resistente a torção, mas não possui flexibilidade. Posteriormente, a introdução das limas ProTaper Next (PTN) surge propondo maior resistência à fratura comparado ao NiTi convencional com tratamento térmico. O Blue-Wire foi projetado com processo térmico especial e fase martensítica estável, aumentando a flexibilidade e resistência à fratura por fadiga cíclica, evitando a memória elástica. Os aperfeiçoamentos desses instrumentos são relevantes clinicamente, pois podem prolongar a vida útil e preservar a anatomia original do canal radicular. Além disso, instrumentos com diferentes características possibilita aos clínicos a oportunidade de escolha de qual será mais adequado para cada caso. A lima protaper ultimate surgiu recentemente no mercado e apresenta tratamento térmico específico (M-Wire, Gold e Blue) a fim de melhorar a flexibilidade, aumentar a resistência à fadiga cíclica e otimizar o desempenho. As limas desse sistema têm um diâmetro máximo de 1,0 mm, e um taper menor comparado às limas anteriores, prometendo preparos mais conservadores. Por apresentar mais força e velocidade, os sistemas mecânico-rotatórios podem causar maior tensão nas paredes dentinárias, com um potencial de se transformar em microfraturas radiculares,

Endereço: Av. das Engenhasria, s/n, 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 **Fax:** (81)2126-3163 **E-mail:** cephumanos.ufpe@ufpe.br



Continuação do Parecer: 6.280.684

o que leva à uma diminuição da longevidade do elemento dentário. Como as microfraturas nos dentes acometidos são geralmente microscópicas, são necessárias técnicas de diagnóstico eficazes para localizar e definir a extensão dessas linhas de fratura. As técnicas atuais mais utilizadas para diagnóstico são: as radiografias periapicais, a tomografia computadorizada de feixe cônico, a transiluminação, a sondagem periodontal, o teste de mordida, a coloração com azul de metileno e a exploração cirúrgica. A Micro Tomografia Computadorizada (Micro-CT) se mostrou útil na qualidade dos diagnósticos que apresenta, por proporcionar dados detalhados em relação a estrutura de uma fratura dentária, devido ao contraste na atenuação dos raios X. Além da natureza não destrutiva, as imagens da micro-CT oferecem a possibilidade de avaliar centenas de fatias por dente, comparado aos métodos convencionais de seccionamento radicular, que permitem a análise de apenas algumas fatias por dente, levando a perda de estrutura dentária. Um sistema alternativo de diagnóstico é a Tomografia por Coerência Óptica (OCT). A OCT é uma técnica de diagnóstico por imagem não destrutiva e não ionizante que usa a luz infravermelha e a interferometria de baixa coerência para determinar o atraso do tempo de eco e a magnitude da luz refletida. Possui alta resolução e possibilita a visualização de imagens em escala micrométrica de tecidos biológicos em pequenas distâncias. Ambos os métodos, são técnicas comprovadamente exequível na endodontia, na análise não destrutiva da anatomia interna dos canais radiculares, além de possíveis perfurações e da limpeza posterior ao preparo biomecânico. Devido as suas características, estas são ferramentas eficazes na investigação e no diagnóstico de microfraturas dentárias, de maneira reversível e não invasiva.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário: Avaliar a presença de microfraturas radiculares promovidas por diversas técnicas ProTaper de instrumentação dos canais radiculares.

Objetivo Secundário:

Analisar por meio da OCT a formação de microfraturas em canais radiculares instrumentados pelos sistemas: ProTaper Ultimate; ProTaper Universal; ProTaper Next; ProTaper Gold;

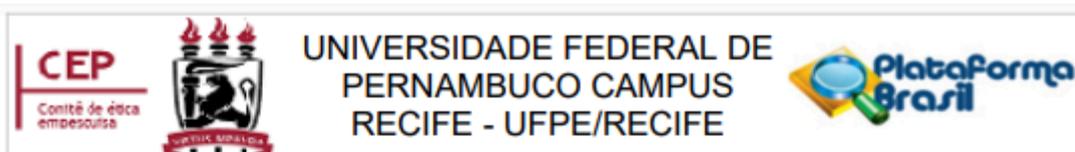
Analisar através da Micro-CT a formação de microfraturas em canais radiculares instrumentados pelos sistemas: ProTaper Ultimate; ProTaper Universal; ProTaper Next; ProTaper Gold;

Comparar os quatro sistemas utilizados na formação de microfraturas radiculares.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos de perda ou danificação da amostra que será posteriormente devolvida ao Banco de Dentes.

Endereço: Av. das Engenhasria, s/n, 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 **Fax:** (81)2126-3163 **E-mail:** cephumanos.ufpe@ufpe.br



Continuação do Parecer: 6.280.684

Só o pesquisador principal terá acesso a amostra, tendo toda prudência na manipulação da amostra. Além do risco de perda de dados secundários (fotos e banco de dados).

Benefícios: Os benefícios são indiretos. Os benefícios são voltados para futuros pacientes, onde o avanço tecnológico na busca de encontrar novos métodos adequados, facilitarão o diagnóstico.

Neste protocolo os Riscos estão corretamente previstos e minimizados. Os Benefícios estão adequados aos Objetivos e Metodologia propostos.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Trata-se de um estudo descrito nas Informações Básicas da Plataforma Brasil como intervenção experimental que pretende avaliar a presença de microfraturas radiculares promovidas por algumas técnicas de tratamento endodôntico do tipo ProTaper empregando a OCT (Tomografia por Coerência Óptica) e a Micro-CT (Micro Tomografia Computadorizada) para avaliação de 73 dentes humanos (pré-molares inferiores permanentes) os quais serão divididos em 05 grupos de 15 dentes. Cada grupo de dentes terão seus canais radiculares preparados com diferentes técnicas da seguinte forma: grupo controle (G1) dentes não instrumentalizados; G2 – ProTaper Ultimate; G3 - ProTaper Universal; G4 – ProTaper Next; G5 – ProTaper Gold. Os elementos dentários serão escaneados antes e depois da instrumentação empregando os sistemas OCT e Micro-CT para avaliação de microfissuras. Para a análise estatística, os resultados obtidos a partir da avaliação de microfissuras com as imagens da SD-OCT e da Micro-CT serão avaliados e analisados pelo Teste Exato de Fisher. Para avaliar a concordância interexaminadores e intraexaminadores, será utilizado o Teste Kappa. Os dados serão analisados utilizando os programas SPSS v.23 (SPSS Inc, Chicago, IL), com nível de significância de 5%.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Os Termos Obrigatórios estão de acordo com as exigências do CEP/UFPE: Folha de Rosto; Termo de Compromisso e Confidencialidade da Pesquisadora Principal; Cartas de Anuência dos Departamentos de Energia Nuclear e de Física da UFPE; Carta de Cessão de Dados Secundários da Coordenação do Programa de Pós-graduação em Odontologia da UFPE; Termo de Justificativa para isenção de TCLE; Projeto Detalhado; Currículos da equipe de pesquisa;

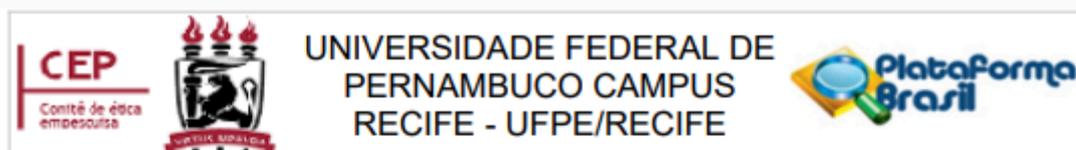
Recomendações:

Não há.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Não há.

Endereço: Av. das Engenhasria, s/n, 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 **Fax:** (81)2126-3163 **E-mail:** cephumanos.ufpe@ufpe.br



Continuação do Parecer: 6.280.684

Considerações Finais a critério do CEP:

As exigências foram atendidas e o protocolo está APROVADO, sendo liberado para o início da coleta de dados. Conforme as instruções do Sistema CEP/CONEP, ao término desta pesquisa, o pesquisador tem o dever e a responsabilidade de garantir uma devolutiva acessível e compreensível acerca dos resultados encontrados por meio da coleta de dados a todos os voluntários que participaram deste estudo, uma vez que esses indivíduos têm o direito de tomar conhecimento sobre a aplicabilidade e o desfecho da pesquisa da qual participaram.

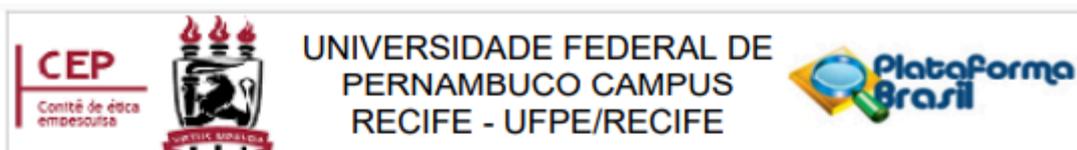
Informamos que a aprovação definitiva do projeto só será dada após o envio da NOTIFICAÇÃO COM O RELATÓRIO FINAL da pesquisa. O pesquisador deverá fazer o download do modelo de Relatório Final disponível em www.ufpe.br/cep para enviá-lo via Notificação de Relatório Final, pela Plataforma Brasil. Após apreciação desse relatório, o CEP emitirá novo Parecer Consubstanciado definitivo pelo sistema Plataforma Brasil.

Informamos, ainda, que o (a) pesquisador (a) deve desenvolver a pesquisa conforme delineada neste protocolo aprovado. Eventuais modificações nesta pesquisa devem ser solicitadas através de EMENDA ao projeto, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2085620.pdf	30/08/2023 18:04:57		Aceito
Outros	DeclaracaoBancoDeDentes.pdf	30/08/2023 18:04:15	Isabella da Rocha Rodrigues	Aceito
Outros	TermoDeConfidencialidade.pdf	30/08/2023 18:03:53	Isabella da Rocha Rodrigues	Aceito
Outros	CartaResposta.pdf	30/08/2023 18:03:25	Isabella da Rocha Rodrigues	Aceito
Outros	CartaDeAnuenciaPosGraduacao.pdf	30/08/2023 18:02:04	Isabella da Rocha Rodrigues	Aceito
Outros	CartaDeAnuenciaDepartEnergiaNuclear.pdf	30/08/2023 18:01:31	Isabella da Rocha Rodrigues	Aceito
Outros	CartaDeAnuenciaDepartFisica.pdf	30/08/2023 18:00:31	Isabella da Rocha Rodrigues	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	ProjetoDetalhado.pdf	30/08/2023 17:59:29	Isabella da Rocha Rodrigues	Aceito
TCLE / Termos de	JustificativaDaNaoApresentacaoDoTC	30/08/2023	Isabella da Rocha	Aceito

Endereço: Av. das Engenhasria, s/n, 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 **Fax:** (81)2126-3163 **E-mail:** cephumanos.ufpe@ufpe.br



Continuação do Parecer: 6.280.684

Assentimento / Justificativa de Ausência	LE.pdf	17:59:05	Rodrigues	Aceito
Outros	Curriculo_lattes_Isabella_Da_Rocha_Rodrigues_compressed.pdf	25/05/2023 14:38:10	Isabella da Rocha Rodrigues	Aceito
Outros	Comprovante_de_matricula.pdf	25/05/2023 14:25:01	Isabella da Rocha Rodrigues	Aceito
Outros	Curriculo_lattes_Carlos_Menezes_Aguia_r.pdf	29/04/2023 15:13:00	Isabella da Rocha Rodrigues	Aceito
Outros	Curriculo_lattes_Andrea_Cruz_Camara.pdf	29/04/2023 15:12:37	Isabella da Rocha Rodrigues	Aceito
Outros	Autorizacao_de_uso_de_dados.pdf	29/04/2023 15:09:52	Isabella da Rocha Rodrigues	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_rosto.pdf	29/04/2023 15:06:23	Isabella da Rocha Rodrigues	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

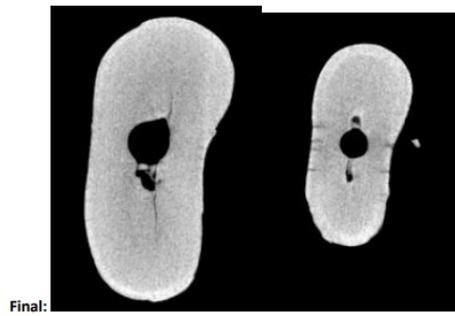
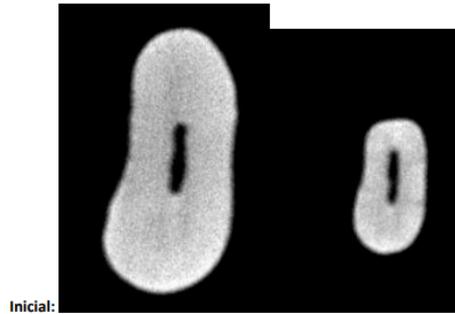
RECIFE, 04 de Setembro de 2023

Assinado por:
LUCIANO TAVARES MONTENEGRO
 (Coordenador(a))

Endereço: Av. das Engenhasria, s/n, 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 **Fax:** (81)2126-3163 **E-mail:** cephumanos.ufpe@ufpe.br

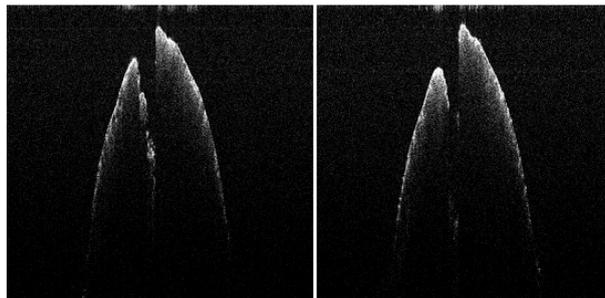
ANEXO B - FICHAS DE AVALIAÇÃO

- Amostra 63
- Há presença de microfratura na amostra?
(X) Presente () Ausente

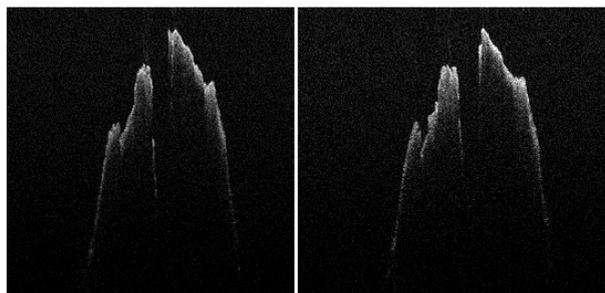


- Amostra 63
- Há presença de microfratura na amostra?
(X) Presente () Ausente

Inicial:



Final:



ANEXO C - 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 reviews 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

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.

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 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 order 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 the extensive review of the literature, and discuss 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 of 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. The 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 photos, 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 multi-panel, composite figure only counts as one figure when considering the total number of figures in a manuscript (see section 3, below, for the maximum number of allowable figures). The second type of figures is 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: 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).

% 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

% NaOCI	N/Group	% Inhibition of Growth
3	5	100

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 leadership. 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 to the number of references for review articles.

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 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 is either narrative articles, or systematic reviews/meta-analyses. Case report/Clinical Technique articles even when followed by the extensive review of the literature will 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 multi-panel figures must not exceed 1-page length. Manuscripts submitted with more than the allowed number of figures or tables will require the 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.

Available Resources

Strunk W, White EB. *The Elements of Style*. Allyn & Bacon, 4th ed, 2000, ISBN 020530902X.

Day R. *How to Write and Publish a Scientific Paper*. Oryx Press, 5th ed. 1998. ISBN 1-57356-164-9.

Woods G. *English Grammar for Dummies*. Hungry Minds:NY, 2001 (an entertaining review of grammar).

Alley M. *The Craft of Scientific Writing*. Springer, 3rd edition 1996 SBN 0-387-94766-3.

Alley M. *The Craft of Editing*. Springer, 2000 SBN 0-387-98964-1.