BRENO NAPPI VENTURA

**Avaliação microtomográfica da modelagem de canais radiculares curvos
preparados com sistemas automatizados**

São Paulo
2017

BRENO NAPPI VENTURA

**Avaliação microtomográfica da modelagem de canais radiculares curvos
preparados com sistemas automatizados**

Versão Corrigida

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo, pelo Programa de Pós-Graduação em Odontologia (Dentística) para obter o título de Mestre em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Celso Luiz Caldeira

São Paulo
2017

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo-na-Publicação
Serviço de Documentação Odontológica
Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo

Ventura, Breno Nappi.

Avaliação microtomográfica da modelagem de canais radiculares curvos preparados com sistemas automatizados / Breno Nappi Ventura ; orientador Celso Luiz Caldeira. -- São Paulo, 2017.

110 p. : fig., tab.; 30 cm.

Dissertação (Mestrado) -- Programa de Pós-Graduação em Odontologia. Área de Concentração: Dentística. -- Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo.

Versão corrigida

1. Microtomografia computadorizada. 2. Preparo de canal radicular. 3. Instrumentos endodônticos. 4. Sistemas rotatórios. I. Caldeira, Celso Luiz. II. Título.

Ventura BN. Avaliação microtomográfica da modelagem de canais radiculares curvos preparados com sistemas automatizados. Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Aprovado em: 29 / 06 / 2017

Banca Examinadora

Prof. Dr. GIULIO GAVINI

Instituição: FOU SP

Julgamento: APROVADO

Prof. Dr. ÉRICO DE MELLO LEMOS

Instituição: UNISANTA

Julgamento: APROVADO

Profa. Dra. ELAINE FAGA IGLECIAS

Instituição: FAOA

Julgamento: APROVADO

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho em primeiro lugar aos meus pais, Hamilton e Tereza, exímios professores e acima de tudo, educadores. As conquistas de minha trajetória como docente devo a eles e serei eternamente grato

Ao meu irmão Fernando e cunhada Lia pelo apoio incondicional e incentivo nesta longa jornada da pós-graduação.

Ao meu sobrinho Daniel. Um menino iluminado que chegou ao mundo recentemente e alegrou ainda mais a toda família com suas risadas e caretas.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao papai do céu pela oportunidade do presente curso.

Ao Prof. Dr. Giulio Gavini, em especial. Um eterno orientador profissional e pessoal a quem eu me espelho por sua humildade, competência e empenho na atividade docente.

Ao Prof. Dr. Celso Luiz Caldeira, a quem tive o prazer de ter como meu orientador. Obrigada pela orientação, confiança e apoio. Esse cara é um grande amigo.

Ao Prof. Dr. Érico de Melo Lemos. Faltam palavras para agradecer tudo o que fez por mim ao longo desses anos. Se atualmente chego nesta etapa, é a ele a quem devo agradecer pela orientação e iniciação na carreira acadêmica.

Ao grande amigo Gustavo Alberto Rubino. Nossos bate-papos de maneira informal contribuíram muito para a minha formação como mestre.

Aos demais amigos da Endodontia Unisanta, Maurílio, Jacob, Carmo, Alexandre, Akisue, Felipe e Dirce pelo apoio de longa data, aprendizado e franca amizade.

Aos professores do Departamento de Endodontia da FOU SP, Carla, Marcelo, Éricka, Igor, José Luis, Machado e Maine, pelo aprendizado nestes últimos tempos de pós-graduação.

Aos meus amigos que compartilharam momentos especiais comigo na pós-graduação, em especial à Elaine e Laila que foram minhas tutoras no desenvolvimento desta dissertação.

À secretaria do Departamento de Dentística, David, Aldo, Leandro e Selma, sempre muito solícitos e prontos para auxiliar no que fosse preciso.

Aos amigos Juneka e Ruizito, amigos de Santos que estiveram ao meu lado durante o curso, apoiando e compartilhando bons momentos.

Aos colegas de pós-graduação que vibraram, se desesperaram, aprenderam e estiveram comigo nesta jornada.

A todos os meus familiares e amigos, que perto ou à distância, mandaram vibrações positivas para que eu concluísse com êxito o presente curso.

À Capes, pela bolsa de estudos concedida.

Por traz de cada coisa bonita que vemos há alguma dose de sacrifício

Bob Dylan

RESUMO

Ventura BN. Avaliação microtomográfica da modelagem de canais radiculares curvos preparados com sistemas automatizados[dissertação]. São Paulo: Universidade de São Paulo [dissertação]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 2017. Versão Corrigida.

O preparo do canal radicular ideal relaciona-se ao processo de sanificação em conjunto com a modelagem que resulta em condições específicas para a obturação dos sistemas de canais radiculares. Com a evolução constante dos sistemas de preparo, a microtomografia computadorizada (micro-CT) se apresenta como método de pesquisa confiável que possibilita uma avaliação completa e detalhada do canal radicular. Para tanto, o objetivo deste estudo foi comparar a capacidade de modelagem do sistema ProTaper Gold (PTG) em relação ao ProTaper Next (PTN) com *glide path* realizado com lima K #15 ou sistema ProGlider (PG), analisando o transporte da curvatura original do canal, desgaste de dentina, aumento no volume e na superfície do canal radicular e a quantificação das superfícies não tocadas após o preparo do canal radicular em canais mesiais de molares inferiores com curvatura acentuada. A média de curvatura de todos os dentes foi de 54°. Vinte e quatro molares inferiores foram divididos em dois grupos (n=12) de acordo com o *glide path* realizado (com PG ou com lima K #15). A seguir, o sistema PTG foi utilizado no canal méso-vestibular e o sistema PTN no canal méso-lingual, criando mais dois subgrupos. Os dentes foram escaneados por meio da micro-CT antes e após o preparo. Os dados obtidos foram comparados utilizando teste ANOVA para análise de variância de dois fatores e teste Tukey para combinações múltiplas. Nos resultados, em toda extensão do canal radicular, assim como para as análises nos terços cervical, médio e apical, não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos quanto ao transporte do canal. Quanto à quantidade de dentina removida, o sistema PTN combinado com a lima K #15 apresentou porcentagem significativamente menor do que nos outros grupos apenas no terço médio. O percentual de aumento do volume do canal foi maior nos grupos onde o *glide path* foi realizado com lima K #15 em relação aos grupos com *glide path* realizado com

PG é significativo na totalidade do canal e nas análises individualizadas para os terços cervical e médio. O percentual do aumento da área de superfície foi significativamente maior na análise da totalidade do canal e na análise individualizando o terço médio nos grupos onde o *glide path* foi realizado com lima K#15. Ocorreu diferença significativa e maior quantidade de paredes não tocadas no terço apical nos grupos onde foi realizado *glide path* com lima K#15. Diante dos resultados, é possível concluir que em todos os grupos o *glide path* realizado com lima K #15 ou PG, não apresentou interferência sobre o desvio da curvatura original do canal radicular, no entanto, nos grupos que o PG foi usado, houve maior quantidade de paredes tocadas na região apical.

Palavras-chave: Microtomografia Computadorizada. Preparo do Canal Radicular. Instrumentos endodônticos. Sistemas Rotatórios.

ABSTRACT

Ventura BN. Microtomographic evaluation on the modeling of curved root canals prepared with automated systems [dissertation]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 2017. Versão Corrigida.

The ideal root canal preparation is related to the process of cleaning and shaping that results in specific conditions for the filling of root canal systems. Due the constant evolution of preparation systems, microcomputed tomography (micro-CT) has been presented as a reliable method of research that possibilitate a complete and detailed appraisal of the root canal. Few studies have been performed on instrumentation systems with this methodology. Therefore, the aim of this study was to compare the shaping ability of the ProTaper Gold (PTG) system and the ProTaper Next (PTN) with *glide path* done with K #15 file or ProGlider (PG) system, analyzing the canal transportation, quantity of dentine removed, increase in volume and surface of the root canal and the quantification of uninstrumented root canal surface after the its prepare into mesial canals of mandibular molars with severely curvature. Twenty-four mandibular molars were divided in two groups (n=12) according to the *glide path* accomplished (with PG or with K #15 file). After, the PTG system was used on the mesiobuccal canal and the PTN system on the mesiolingual, creating two more subgroups. The teeth were scanned by a micro-CT before and after the preparation. The obtained data were compared using ANOVA test for the variance analyzes of two factors and Tukey test for multiple combinations. In the results, on all of the root canal extension, as well as to the analysis on the cervical, middle and apical thirds, there was no statistically significant difference between the groups about the canal transportation. In terms of the quantity of dentine removed, the PTN system combined with K #15 file showed significant lower percentage than the other groups just in the middle third. The increase on percentage of the canal volume was bigger in the groups where the *glide path* was done with K #15 file in relation to the groups with *glide path* accomplished with PG and significant on the totality of the canal and on the individualized analyzes for the cervical and middle thirds. The percentage of the surface increase was significantly greater on the totality analyzes of the canal

and on the one individualizing the middle third on the groups where the *glide path* was performed with K #15 file. There was meaningful difference and greater amount of walls uninstrumented in the apical third on the groups where *glide path* with K #15 file was used. In front of the results, is possible to conclude that the *glide path*, done with K #15 file or PG, didn't present interference on the deviation of the root canal original curvature to all groups; however, when PG was used, there was a greater number of walls instrumented on the apical region to both systems tested.

Keywords: Microcomputed tomography. Root Canal Preparation. Endodontic instruments. Rotary files.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 4.1 - Tomografia computadorizada de feixe cônico para constatação forame independente dos canais méso-vestibular e méso-lingual	42
Figura 4.2 - Grupos experimentais	43
Figura 4.3 - Microtomógrafo de raios-X SkyScan 1176	45
Figura 4.4 - Espécime em escaneamento	45
Figura 4.5 - Programa NRecon utilizado para reconstruir as secções transversais dos espécimes	46
Figura 4.6 - Instrumentos utilizados na preparação dos canais radiculares. A: lima manual do tipo K #15; B: instrumento rotatório ProGlider; C: Sistema rotatório ProTaper Gold; D: Sistema rotatório ProTaper Next.....	47
Figura 4.7 - Motor X-Smart Plus calibrado em posição específica de cada instrumento utilizado na preparação dos canais radiculares. A: ProGlider; B: ProTaper Next; C: ProTaper Gold S1; D: ProTaper Gold S2; E: ProTaper Gold F1; F: ProTaper Gold F2	48
Figura 4.8 - Dente com a raiz coberta com silicone de condensação para a instrumentação do canal radicular	49
Figura 4.9 - Program Data Viewer alinhando e registrando imagens pré e pós instrumentação.....	50
Figura 4.10 - Seleção dos cortes de referência. A: Corte mais coronal: top; B: Corte mais apical - bottom	51
Figura 4.11 - Seleção da área de interesse.....	52

Figura 4.12 - Novo volume de interesse (canal dissociado) no programa CTAn	53
Figura 4.13 - Binarização do objeto: dentina em branco e espaço endodôntico em preto	54
Figura 4.14 - Ferramenta <i>custom processing</i> com <i>plug-ins</i> para a criação da lista de tarefas.....	55
Figura 4.15 - Análise da superfície não tocada: em azul o canal pré-preparo, em vermelho o canal pós-preparo e em branco áreas não tocadas	56
Figura 4.16 - Valores para x, y e z em cada corte	57
Figura 4.16 - A linha verde representa o longo eixo do canal pré-operatório e linha vermelho o longo eixo do canal pós-operatório	58
Figura 5.1 - A: Canal radicular antes do preparo (verde); B: Canal radicular após o preparo (vermelho); C: Canal radicular final (vermelho) sobreposto à anatomia inicial do canal radicular (verde); D: Gráfico antes do preparo (verde); E: Gráfico após o preparo (vermelho); F: Gráfico após o preparo (vermelho) sobreposto ao gráfico antes do preparo (verde); Lima ProGlider + PTG no canal méso-vestibular; Lima ProGlider + PTN no canal méso-lingual.....	69
Figura 5.2 - A: Canal radicular antes do preparo (verde); B: Canal radicular após o preparo (vermelho); C: Canal radicular final (vermelho) sobreposto à anatomia inicial do canal radicular (verde); D: Gráfico antes do preparo (verde); E: Gráfico após o preparo (vermelho); F: Gráfico após o preparo (vermelho) sobreposto ao gráfico antes do preparo (verde); Lima #15 + PTG no canal méso-vestibular; Lima #15 + PTN no canal méso-lingual.....	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 5.1-	Volumes iniciais e finais de dentina (em mm ³) e percentual volumétrico (%) de dentina removida após preparo do canal radicular com os Sistemas Testados (médias e desvios-padrão)	61
Tabela 5.2-	Volumes iniciais e finais de dentina (em mm ³) e percentual volumétrico (%) de dentina removida após preparo do canal radicular com os Sistemas Testados independente do método de <i>glide path</i> utilizado (médias e desvios-padrão).....	62
Tabela 5.3-	Volumes iniciais e finais do canal radicular (em mm ³) e percentual volumétrico (%) do aumento do canal radicular após preparo com os Sistemas Testados (médias e desvios-padrão)	63
Tabela 5.4-	Volumes iniciais e finais do canal radicular (em mm ³) e percentual volumétrico (%) do aumento do canal radicular após preparo com método de <i>glide path</i> independente dos Sistemas Testados (médias e desvios-padrão)	64
Tabela 5.5-	Área da superfície iniciais e finais do canal radicular (em mm ²) e percentual (%) do aumento do canal radicular após preparo com os Sistemas Testados (médias e desvios-padrão)	65
Tabela 5.6-	Área da superfície iniciais e finais do canal radicular (em mm ²) e percentual (%) do aumento do canal radicular após preparo com método de <i>glide path</i> independente dos Sistemas Testados (médias e desvios-padrão)	66
Tabela 5.7-	Percentual (%) de paredes não tocadas após preparo com os Sistemas Testados (médias e desvios-padrão)	67
Tabela 5.8-	Percentual (%) de paredes não tocadas após preparo com método de <i>glide path</i> independente dos Sistemas Testados (médias e desvios-padrão).....	67

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

PTG	ProTaper Gold
PTN	ProTaper Next
PG	ProGlider
micro-CT	microtomografia computadorizada
3D	três dimensões
2D	duas dimensões
TCFB	tomografia computadorizada fan beam
TCCB	tomografia computadorizada cone beam
IME	índice de modelo de estrutura
mm	milímetro
mm ²	milímetro quadrado
mm ³	milímetro cúbico
µm	micrometro
kVp	quilovoltagem
mA	microâmpere
HL	haste longa

FOUSP	Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo
EDTA	ácido etilenodiamino tetra-acético
SAF	self adjusting file
%	porcentagem
ROI	região de interesse
VOI	volume de interesse
ml	mililitro
#	número
MV	canal mésio-vestibular
ML	canal mésio-lingual

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	23
2	REVISÃO DA LITERATURA	27
3	PROPOSIÇÃO	37
4	MATERIAL E MÉTODOS	39
4.1	Material	39
4.2	Métodos	40
4.2.1	Seleção dos Dentes.....	41
4.2.2	Preparo dos Dentes e Divisão dos Grupos Experimentais	42
4.2.3	Exames Microtomográficos	43
4.2.4	Preparo Químico-Cirúrgico	46
4.2.5	Metodologia de Avaliação.....	50
4.2.6	Análise Estatística	58
5	RESULTADOS	60
6	DISCUSSÃO	71
7	CONCLUSÕES	81
	REFERÊNCIAS	83
	APÊNDICES	91
	ANEXOS	97

1 INTRODUÇÃO

A sanificação eficaz e a modelagem são os principais objetivos da instrumentação do sistema de canais radiculares, portanto, o canal deve ser limpo e ter formato ideal para receber uma obturação tridimensional. Deve ainda conter conicidade contínua, preservando o forame apical em formato original.

Historicamente, sabe-se que antigamente as limas endodônticas eram precárias, pois eram fabricadas de forma artesanal, a partir de qualquer tipo de filetes metálicos, como agulhas e cordas de piano. Somente em 1838, Maynard introduziu as sondas farpadas, fabricadas a partir de molas de relógio, que se assemelhavam ao formato e desenho das limas ainda hoje fabricadas. Desde então, é notória a evolução dos instrumentos, passando por modificações significativas no metal, desde aço carbono, depois aço inoxidável e hoje níquel-titânio.

A lima endodôntica fabricada de níquel-titânio e produzida inicialmente por usinagem, e hoje também por torção, laser ou por meio eletroquímico, gerou uma reformulação nos conceitos de preparo, contribuindo para o avanço da instrumentação, particularmente em termos de redução da ocorrência de fraturas e de desvios do canal.

Desde que Walia et al. (1988) introduziu os instrumentos de níquel-titânio na prática clínica endodôntica, verificaram-se diversos benefícios como precisão, velocidade e redução dos riscos em relação a terapia realizada com instrumentos manuais. A liga denominada *Nitinol* apresenta maior flexibilidade, melhor resistência e efeito memória de forma (Kauffman; Mayo, 1997), que, dependendo do modo de fabricação, pode ser controlado ou não.

Paralelamente à evolução das limas endodônticas, muitos sistemas e dispositivos foram criados, além do surgimento de muitas técnicas, desde as manuais, como as automatizadas rotatórias contínuas e alternadas (como as reciprocantes), além de técnicas híbridas, que surgiram para facilitar o apropriado preparo do canal.

Atualmente, no mercado odontológico existem diversos sistemas com os mais variados instrumentos que diferem no *design* da ponta, conicidade, secção transversal, etc.

Duas marcas de instrumentos de níquel-titânio: WaveOne (Dentsply-Maillefer - Switzerland) e Reciproc (VDW - Germany) apareceram no mercado mundial em 2012 adotando o conceito da reciprocidade. Inovadores, estes instrumentos são fabricados por uma liga especial de níquel-titânio chamada *M-wire*. Esta liga é criada através de um determinado tratamento térmico, que confere aumento da flexibilidade e maior resistência à fadiga cíclica.

Estes instrumentos são acionados numa cinemática de movimentos alternados no sentido horário e anti-horário. Porém, os valores das rotações no sentido horário e anti-horário são diferentes. Um ângulo grande de rotação determina que o instrumento avance no canal e corte a dentina, enquanto que um ângulo menor no sentido oposto (sentido horário) permite que o instrumento seja imediatamente desengatado ou destravado e progrida com segurança ao longo do trajeto do canal permitindo manutenção de forma e curvatura do canal original.

Ambos os sistemas estão disponíveis com três diferentes instrumentos, sugerem uso único e defendem o conceito de lima única para o preparo do canal radicular associada com apenas uma lima manual de fino calibre para realizar o *glide-path*.

Concomitante a tal inovação, a instrumentação rotatória também evoluiu e recentemente algumas marcas também lançaram novos sistemas. ProTaper Next (Dentsply-Maillefer- - Switzerland), Hyflex CM e EDM (Coltene - Switzerland) e Protaper Gold (Dentsply-Tulsa - USA) são alguns exemplos de instrumentos com *design*, tratamento térmico e propostas de utilização diferenciadas.

A ProTaper Next é uma evolução da ProTaper Universal (Dentsply-Maillefer- - Switzerland). Seguindo a tendência dos novos instrumentos a ProTaper Next também é fabricada com a liga de níquel-titânio *M-wire*. A sua secção transversal é retangular excêntrica, portanto a rotação é descentralizada, ou seja, fora do centro de massa do instrumento. Com tal característica, apenas duas arestas de corte têm atrito com as paredes do canal e as outras duas trabalham livre; desta forma, o risco

de torção e fraturas torna-se reduzido. O sistema conta com cinco instrumentos com diferentes diâmetros e conicidades.

Uma das últimas novidades do mercado mundial é a ProTaper Gold. O sistema e a morfologia das limas, incluindo tamanhos, conicidade e secção transversal são semelhantes a ProTaper Universal. O fabricante informa que a grande inovação são as propriedades metalúrgicas da liga que aumentam sua flexibilidade e resistência a fadiga cíclica.

Diante dos recentes avanços neste campo, avaliar o produto final do preparo do canal radicular exige cada vez mais precisão e conhecimento aprimorado das áreas química, física, metalúrgica, entre outras.

Diversos modelos experimentais têm sido usados para avaliar a modelagem do canal radicular, contudo a maioria envolve a avaliação de cortes e secções transversais ou longitudinais das raízes, fornecendo uma visão bidimensional do canal preparado, sendo, portanto, limitada.

No intuito de superar estas dificuldades, a microtomografia computadorizada (micro-CT) se apresenta como um método de pesquisa confiável que possibilita uma avaliação completa e detalhada do canal radicular em todos os planos, e também mensurar parâmetros morfológicos do interior do espaço endodôntico sem a destruição do espécime.

Com a micro-CT é possível distinguir espaços e estruturas dentais, além de realizar avaliações quantitativas e qualitativas da modelagem do canal radicular com alta precisão.

Até o momento, poucos estudos foram realizados com esta metodologia nos sistemas automatizados recentemente lançados, e ainda menos na avaliação de canais com curvatura acentuada, uma das situações mais vulneráveis do tratamento endodôntico. Portanto, a avaliação e comparação destes sistemas são necessárias para mensurar suas propriedades e características na prática clínica.

Para tanto, o presente estudo tem como objetivo comparar a capacidade de modelagem, em canais mesiais com curvatura severa de molares inferiores, do sistema endodôntico rotatório ProTaper Gold (PTG) em relação ao sistema ProTaper

Next (PTN) com ou sem a criação do *glide path* com sistema ProGlider (PG) (Dentsply-Maillefer-- Switzerland), analisando, por meio da micro-CT, o transporte ou a manutenção da curvatura original do canal, desgaste de dentina, aumento no volume e na superfície do canal radicular e, por fim, quantificar as superfícies não tocadas após o preparo do canal radicular.

2 REVISÃO DA LITERATURA

O sucesso da terapia endodôntica está diretamente ligado à correta modelagem e sanificação do sistema de canais radiculares e pode alcançar uma taxa de sucesso que gira em torno de 80% a 90% (Walton; Torabinejad, 2012).

Aliadas às modificações impostas aos instrumentos, novas técnicas endodônticas têm sido utilizadas visando a manutenção da forma original do canal radicular. Infelizmente, uma conicidade contínua com o menor diâmetro no ápice e mais amplo no orifício de entrada dos canais curvos, tem sido a tarefa que mais demanda atenção na terapia endodôntica. O profissional deverá optar por técnicas seguras, objetivando transformar a forma anatômica original do canal radicular em novo contorno cirúrgico cônico com paredes lisas, uniformes e limpas. O planejamento e domínio da técnica empregada são de fundamental importância para se obter o nível ideal de limpeza e descontaminação com um mínimo de deformações e acidentes.

Uma qualidade maior da modelagem do sistema de canais radiculares, com o preparo centralizado, mínimos desvios do eixo central e paredes regulares são propriedades conferidas pela utilização de instrumentos endodônticos fabricados com ligas de níquel-titânio. Estes instrumentos, acionados a motor, foram idealizados para o preparo de canais radiculares com o objetivo de manter as curvaturas e a anatomia original do canal.

Importante ressaltar que, mesmo com os avanços tecnológicos da endodontia, o que se adota na rotina clínica do endodontista é uma simples avaliação da qualidade do tratamento endodôntico valendo-se da interpretação do aspecto radiográfico, que sabidamente apresenta suas limitações.

Neste contexto, Estrela et al. (1992) destacaram que, no aspecto clínico, conceituar e qualificar um canal bem preparado é algo de cunho pessoal e tarefa difícil.

Gambill et al. (1996) realizou estudo através da tomografia de feixe cônico para avaliar canais instrumentados manualmente com limas de níquel-titânio e aço

inoxidável em raízes de dentes humanos. Revolucionário, o estudo implicou no surgimento de uma metodologia empregada para determinar a centralização do preparo.

Peters et al. (2003) avaliaram o desempenho dos instrumentos ProTaper na modelagem de canais de diversas geometrias através da micro-CT. Os canais foram reconstruídos tridimensionalmente e avaliados por volume , área de superfície , espessura, transporte apical e superfície preparada . Observou-se neste estudo que o sistema é eficaz na preparação de canais radiculares atrésicos.

Iqbal et al. (2004) empregaram uma técnica radiográfica desenvolvida para comparar o transporte apical e a perda do comprimento de trabalho entre instrumentos ProFile e ProTaper. Os resultados indicaram que tanto os instrumentos ProFile e ProTaper são similares na habilidade de promover alargamento do canal radicular com o mínimo de transporte e perda do comprimento de trabalho.

Calberson et al. (2004) testaram a capacidade de instrumentação do ProTaper em canais simulados curvos através de radiografias digitais pré e pós-operatórias sobrepostas. Os autores concluíram que os instrumentos ProTaper promoveram um preparo cônico adequado. Porém ao usar os instrumentos F2 e F3 em canais curvos, cuidado deve ser tomado, evitando remoção excessiva de dentina o que pode ocasionar a formação de zonas de perigo.

Yoshimine et al. (2005) compararam os efeitos de três instrumentos rotatórios de níquel-titânio, ProTaper, K3 (SybronEndo - USA) e Race (FKG - Switzerland), na formação do transporte do canal através da comparação de imagens pré e pós-operatórias sob um estereoscópio. O sistema ProTaper causou maior alargamento dos canais em comparação com o K 3 e o Race . Além disso, ProTaper apresentou uma maior tendência de formação de *zip* no ponto final do preparo. Estas alterações acentuadas do canal promovidas pelo ProTaper podem ter ocorrido em virtude de sua menor flexibilidade, em decorrência de sua maior conicidade, quando comparados a outras limas com mesmo diâmetro de ponta.

Aguiar et al. (2009) examinaram as paredes de canais radiculares instrumentadas com o sistema ProTaper Universal, sistema esse, lançado em 2006 com características modificadas da ProTaper original.O estudo foi realizado

utilizando o método de Bramante (Bramante et al., 1987) para mensurações. Todos os canais foram preparados ou com o sistema ProTaper Universal rotatório ou com limas Nitiflex (Dentsply-Maillefer-Switzerland). Concluíram que tanto as limas Nitiflex e ProTaper Universal mostraram-se deficientes no preparo de todas as paredes do canal radicular.

Silva et al. (2009), avaliaram o efeito do desgaste no terço apical de canais simulados após o preparo com o sistema ProTaper Universal através da sobreposição de imagens digitalizadas pré e pós-operatórias. Os autores concluíram que o sistema produziu demasiado transporte do canal.

Karabucak et al. (2010) avaliaram o transporte apical e a mudança no comprimento de trabalho comparando o sistema EndoSequence (Brasseler-USA) e o sistema Guidance (Guidance Endo-USA). A dupla radiografia digital foi usada para obter as imagens pré e pós-instrumentação. Os autores concluíram que não houve diferenças estatísticas quanto ao transporte apical entre os grupos.

Franco et al. (2011) compararam a capacidade de modelagem do sistema FlexMaster (VDW) utilizado em movimento rotatório contínuo e alternativo (reciprocante) em 32 canais simulados. As imagens radiográficas pré e pós-operatórias foram tomadas sob condições padronizadas e comparadas em relação ao desvio. Os autores concluíram que o grupo que foi preparado com movimento rotatório contínuo apresentou maior transporte quando comparado ao grupo com movimento reciprocante.

Na literatura, é expressiva a quantidade de estudos destinados a ProTaper e sequentemente a ProTaper Universal, devendo-se salientar que este é um dos sistemas endodônticos mais populares e eficientes encontrados no mercado. Mesmo assim, seu fabricante continua a desenvolver e produzir novos instrumentos rotatórios de níquel-titânio com uma variedade de modelos para facilitar ainda mais a instrumentação e modelagem do canal radicular.

Neste sentido, o sistema ProTaper Next surgiu fabricado a partir de uma liga metálica de níquel-titânio denominada *M-wire*, confeccionada a partir de um processo de tratamento térmico que aumenta a flexibilidade e a resistência a fadiga cíclica (Ye; Gao, 2012).

Paralelamente ao avanço no desenho dos instrumentos, a evolução de diferentes propriedades mecânicas entre os sistemas endodônticos estão relacionadas a composição química ou processo de fabricação da liga de níquel-titânio. É notória a busca constante por instrumentos com maior resistência e flexibilidade. Atualmente o endodontista conta com sistemas disponibilizados em liga na fase martensítica, com expressiva resistência a fadiga cíclica e característica de controle de memória. Portanto, conhecer propriedades mecânicas dos instrumentos associadas à propriedades metalúrgicas é importante para compreender o comportamento clínico desses instrumentos durante a fase de preparo do canal radicular (Shen et al., 2011).

Ademais, passo importante na terapia endodôntica, é o *glide path*. Esta manobra, consiste na prévia criação do caminho inicial e é fundamental para o uso seguro e efetivo de instrumentos para a modelagem do canal radicular. Algumas técnicas com instrumentos manuais ou rotatórios são descritas na literatura com objetivo de manter a anatomia original do canal com a manutenção da curvatura do canal e menos aberrações durante o preparo mecânico do espaço endodôntico (Dhingra e Neetika, 2014).

Elnaghy e Elsaka (2014) avaliaram o desvio, índice de centralização e a espessura da parede remanescente dos canais instrumentados por ProTaper Next sem e com *glide path* com instrumentos ProGlider e PathFile (Dentsply-Maillefer-Switzerland) através de tomografia. Os autores concluíram que uma lima manual tipo K seguida de um instrumento mais flexível e com menor conicidade, no caso o sistema ProGlider, pode preservar o formato do canal e melhorar a instrumentação com os instrumentos ProTaper Next.

Paleker e van der Vyver (2016) compararam a capacidade de centralização e, portanto, o transporte do canal, utilizando limas do tipo K, ProGlider e G-Files (Micro Mega - France) como instrumentos para o *glide path* em canais curvos usando a micro-CT como método de avaliação. Trinta dentes foram examinados antes e após a ampliação com os instrumentos utilizados e comparados em 3 níveis: 1 e 7 milímetros do forame apical e no ponto de máxima curvatura do canal radicular. Através dos resultados os autores concluíram que os instrumentos em níquel-titânio

causam menos transporte do que instrumentos em aço inoxidável (manuais). Concluíram ainda que o instrumento ProGlider propiciou menos desvios.

Zhao et al. (2014) analisaram as propriedades da ProTaper Next, ProTaper Universal e WaveOne, na instrumentação do sistema de canais radiculares. Os dentes foram submetidos a tomografia computadorizada antes e após a instrumentação. Os autores concluíram que os instrumentos Wave One, ProTaper Next e ProTaper Universal conseguiram instrumentar (limpar e dar forma) sem que houvesse erros na conformação do preparo do canal, porém, canais curvos preparados por ProTaper Universal e WaveOne, apresentaram mais desvios que os canais preparados pelos instrumentos ProTaper Next.

O instrumento ProTaper Gold foi lançado recentemente e compartilha de *design* semelhante ao ProTaper Universal. No entanto, ProTaper Gold é fabricada com tratamentos metalúrgicos que aumentam consideravelmente sua flexibilidade e sua resistência à fadiga cíclica (Arias et al., 2014). Produzidos com níquel titânio na fase martensítica, o instrumento ProTaper Gold permite uma maior deformação em torque e velocidade semelhante que aqueles produzidos com níquel-titânio na fase austenítica (Elnaghy e Elsaka, 2016).

Gagliardi et al. (2015) observou através de micro-CT em dentes molares inferiores, após a instrumentação com os sistemas ProTaper Gold, ProTaper Next e ProTaper Universal, que ProTaper Gold e ProTaper Next desgastam menos dentina e transportam menos o canal radicular quando comparados com o sistema ProTaper Universal. Por outro lado, no estudo de Ferrara et al. (2017), utilizando como método de avaliação radiografias digitais, não foram encontradas diferenças estatísticas significantes entre os sistemas ProTaper Universal e ProTaper Next na retificação de canais radiculares curvos e transporte apical.

Silva et al. (2016) avaliaram em canais simulados a capacidade da ProTaper Gold na manutenção do perfil original da anatomia do canal radicular. Os autores utilizaram a ProTaper Universal como referência para comparação. As análises foram feitas através de esteromicroscópio, e como conclusão, os autores relataram menor transporte na região de curvatura do canal simulado quando instrumentado pelo sistema ProTaper Gold quando comparado ao ProTaper Universal, devido a sua memória controlada de forma e, portanto, a sua maior flexibilidade.

Duque et al. (2017) avaliaram através da micro-CT o preparo de canais radiculares em molares inferiores comparando ProTaper Gold e ProTaper Universal. Os escaneamentos foram realizados após a utilização das limas F2 e F3 com os dois sistemas. A análise compreendeu o volume de dentina e do canal, comparando o pré e o pós-operatório, além da quantidade de paredes não tocadas. Observaram ainda o transporte do canal radicular na mudança do instrumento F2 para o F3. Os autores concluíram que os dois sistemas se mostraram eficazes na conformação do canal radicular, embora a ProTaper Gold se mostrou melhor no que diz respeito ao transporte na região do terço cervical.

Como visto, a constante evolução dos sistemas automatizados, principalmente quanto à fabricação de instrumentos que se tornam cada vez mais flexíveis (que supostamente realizaram preparos mais centralizados e mantidos na curvatura original), e mais resistentes (que podem diminuir a possibilidade de fraturas), caminha junto ao surgimento de métodos de análise que venham a comprovar estas propriedades.

Neste rumo, deve-se considerar que a avaliação radiográfica, método mais comum na prática diária do endodontista, mostra somente projeções bidimensionais, o que pode induzir negativamente o observador a relevar a importância da profundidade em sua análise.

É fato que ocorre há muito tempo uma busca intensa por outras metodologias e técnicas de trabalho que possam mostrar o sistema de canais radiculares tridimensionalmente, o que pode ser obtido com as tomografias (Peters et al., 2000), que são exames imagiológicos em três dimensões (3D). Atualmente existem dois tipos de tomografias utilizadas em pacientes: a médica (TCFB) e a cone beam (TCCB). Em função das limitações da TCFB e com o avanço da tecnologia e a busca de melhor resolução, precisão e menor dose de radiação ao paciente, a TCCB foi desenvolvida especialmente para o uso odontológico (Scarfe et al., 2000).

Importante ressaltar, que o diagnóstico por imagem por meio da tomografia é uma área que tem passado por constantes avanços tecnológicos, e tem sido bastante utilizado na pesquisa endodôntica. No entanto esse processo de evolução muito se deve à tecnologia digital, que tem permitido grandes avanços nas

pesquisas e disponibilizando um número cada vez maior de exames por imagem devido aos softwares cada vez mais modernos.

Dentre as tomografias computadorizadas, a tomografia computadorizada cone beam (TCCB) é muito utilizada na endodontia (Estrela et al., 2015), e permite avaliação *in vivo*, bem como, referências anatômicas internas do órgão dental como número de canais radiculares, visualização de dilacerações ou fraturas radiculares, reabsorções e até iatrogênias como instrumentos fraturados ou perfurações (Patel et al., 2007).

O uso de tecnologias modernas tem sido defendido com a perspectiva de que dados coletados de dentes intactos estejam prontamente disponíveis para avaliações posteriores, e a micro-CT é um recurso tecnológico que obtém dados reproduzíveis em 3D que permitem comparações antes e após a instrumentação, mostrando-se como uma promissora ferramenta para estudos do preparo do canal radicular (Peters et al., 2001; Hülsman et al., 2005).

Além de ser uma técnica não invasiva, a micro-CT possui capacidade de mostrar características morfológicas detalhadas do canal radicular, de maneira acurada com aumento exponencial da resolução das imagens. No entanto, devido à alta dose de radiação e o tempo prolongado para a aquisição de imagens, o método só pode ser utilizado em dentes extraídos, dispensando seu uso na clínica odontológica.

Elliot e Dover (1984) apresentaram técnica inovadora e não destrutiva para avaliar o tecido ósseo em 3D usando a micro-CT. Assim, avanços tecnológicos, levando à diminuição do tamanho do micro-CT, concomitante ao desenvolvimento nos softwares, incentivaram a realização de novas pesquisas em Endodontia utilizando a micro-CT (Nielsen et al., 1995).

Neste sentido, Nielsen et al. (1995) investigaram o canal radicular, e mostraram ser possível por meio da micro-CT reproduzir com exatidão a anatomia do sistema de canais radiculares. No entanto, a melhora dos softwares com a espessura do corte sendo reduzida favoreceram pesquisas com esta metodologia (Engelke et al., 1999; Rhodes et al., 1999). Entretanto, para Peters et al. (2000),

cortes de espessura entre 34 a 68 μm produzem uma qualidade de imagem aceitável para o diagnóstico da anatomia interna com alta resolução.

Gao et al. (2009) propuseram a customização de um método de análise utilizando um software para processamento e visualização de imagens tridimensionais através do escaneamento de um molar superior antes e após o preparo com ProTaper. Concluíram, através da metodologia, a possibilidade de reconstrução da anatomia interna e externa do dente, além da possibilidade de quantificar os efeitos do preparo. Os autores relatam ainda que esta aplicação proporcionou um método de excelência na precisão da pesquisa endodôntica com micro-CT.

A análise não destrutiva realizada pela tecnologia da micro-CT permite avaliar a morfologia dental de maneira mais precisa, sem as deficiências de técnicas anteriores descritas na literatura. Outra vantagem deste método é a possibilidade de a anatomia interna do dente reconstruída viabilizar a observação sob variadas angulações (Verma; Love, 2011), além da obtenção de imagens com resolução espacial detalhada na ordem de micrômetros.

You et al. (2011) compararam em seu estudo realizado em molares superiores com curvatura severa utilizando a micro-CT como método, a capacidade de modelagem do sistema ProTaper Universal utilizando duas cinemáticas de movimento: o movimento recíprocante e o movimento de rotação contínua. Parâmetros geométricos básicos tais como curvatura, volume do canal radicular, área superficial e índice de modelo de estrutura (IME) antes e depois da modelagem foram avaliados. O grau e a direção do transporte também foram medidos. Possibilitado por este método de análise, os autores concluíram que a aplicação do movimento recíprocante durante a instrumentação não resulta no aumento do transporte do canal radicular quando comparado com o movimento de rotação contínua, mesmo na parte apical.

Freire et al. (2012) compararam dois métodos para avaliação do transporte do canal radicular: método de cortes transversais e a micro-CT. O grupo avaliado pela micro-CT apresentou melhores resultados em relação ao transporte do canal comparado com o grupo onde as raízes foram seccionadas. Tais resultados são atribuídos à possível perda de material no ato de seccionar o dente, originando

imperfeições que comprometeram o resultado final. Sendo assim, os autores recomendam a micro-CT como método, pela preservação dos espécimes e possibilitando resultados mais próximos à realidade clínica.

A partir daí, foi notório o aumento de experimentos com este método, analisando principalmente a geometria dos canais radiculares. Versiani et al. (2013), realizaram análise com a micro-CT em dentes caninos que foram divididos em grupos, sendo eles instrumentados pela SAF (ReDent NOVA - Israel), WaveOne, Reciproc ou ProTaper Universal. Foram quantificados parâmetros geométricos do canal radicular e comparados com valores pré-operatórios. O método possibilitou aos autores concluir que todos os sistemas se comportaram de forma semelhante em termos de quantidade de paredes tocadas, e que nenhum deles foi capaz de preparar completamente os canais radiculares considerados ovais.

Ceyhanli et al. (2014), também através da micro-CT, compararam em molares inferiores a capacidade de centralização dos sistemas ProTaper, Race e EZ-Fill Safesider (EDS- USA). Para análise dos resultados foram sobrepostas as imagens iniciais e pós-operatórias a 1, 2, 3 e 4 milímetros do ápice e realizados cálculos para o transporte de acordo com o método anteriormente proposto por Gambill et al. (1996). Com a metodologia foi observado que os sistemas de instrumentação fabricados em níquel-titânio mostraram uma melhor capacidade de centralização do que o sistema Safesider, fabricado em aço inoxidável, provavelmente devido à estrutura flexível da liga de níquel-titânio.

Ahmetoglu et al. (2015), compararam através da micro-CT três sistemas de instrumentação em molares superiores. Os autores realizaram no micro-CT escaneamentos pré e pós-operatórios após a utilização da SAF, Reciproc e Revo-S (Micro Mega- France) e compararam volume do canal e áreas da superfície antes e depois da instrumentação. A metodologia mostrou que cada um dos três sistemas de modelagem mostrou a atividade em relação a análise do volume do canal semelhante, mas a SAF e a Revo-S proporcionaram um planeamento mais eficaz do canal em comparação com Reciproc.

Vallaes et al. (2016), analisaram através da micro-CT a centralização do preparo do canal radicular em molares inferiores após a instrumentação comparando MTwo (VDW- Germany), ProTaper e Revo-S. As mensurações para o transporte do

canal foram realizadas a 1, 3, 5 e 7 milímetros do comprimento de trabalho através de método desenvolvido por Gambill. A metodologia permitiu conclusão de que os sistemas mostraram equivalência, produzindo preparo centralizado e conseqüentemente um mínimo transporte do canal.

Zanesco et al. (2017) avaliaram o transporte apical, centralização do preparo e o aumento de volume do canal em molares inferiores comparando instrumento manuais, rotatórios e reciprocantes utilizando a micro-CT concomitante à subtração digital radiográfica apenas para a mensuração do transporte apical. Para as mensurações com a micro-CT foram selecionados três diferentes locais a partir do ápice (1,4 e 7 milímetros) e também a totalidade do canal. E para a avaliação do transporte apical através da subtração digital radiográfica foi selecionada a região a 1 milímetro do ápice. Os resultados mostraram similaridade entre os sistemas utilizados até mesmo quando realizada a instrumentação manual. Outro ponto importante concluído na pesquisa foi a semelhante eficiência entre subtração digital radiográfica e a micro-CT na avaliação do transporte apical e, portanto, o método radiográfico poderia ser utilizado como um método alternativo para este tipo de análise.

Atualmente, o tratamento endodôntico de canais com curvatura acentuada não é um fator limitante no preparo químico cirúrgico do canal radicular, entretanto novos instrumentos e técnicas vêm sendo desenvolvidas para proporcionar ao clínico, além de agilidade, confiança e rapidez, a efetiva limpeza e a manutenção da morfologia dos canais radiculares durante o tratamento.

Visto isso, a evolução na fabricação desses instrumentos e nas técnicas do preparo químico cirúrgico do canal radicular proporciona aos pesquisadores realizar reflexões importantes sobre as características dos instrumentos endodônticos durante o preparo referenciadas neste capítulo através de pesquisas com diferentes metodologias. Para tanto, a pesquisa deve continuar quantificando e qualificando o preparo do canal radicular remetendo ao desenvolvimento do presente estudo.

3 PROPOSIÇÃO

Foi objetivo do presente estudo comparar, por meio da micro-CT, a capacidade de modelagem dos sistemas endodônticos rotatórios ProTaper Gold e ProTaper Next (com *glide path* com lima K #15 ou sistema ProGlider) em canais mesiais curvos de molares inferiores com curvatura severa, analisando o transporte da curvatura original do canal, desgaste de dentina, aumento no volume e na superfície do canal radicular, e a quantificação das superfícies não tocadas após o preparo do canal radicular.

Tem-se como hipótese alternativa que o tipo de instrumento utilizado no *glide path* influencia na modelagem do canal, assim como na hipótese de nulidade não existirá relação entre esses fatores.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo (FOUSP) e aprovado sob o número CAAE: 60535916.8.0000.0075 (Anexo A).

4.1 Material

24 primeiros e segundos molares inferiores humanos, cedidos pelo Banco de Dentes Permanentes Humanos da FOUSP;

Silicona de condensação Zetaplus - Zhermack (Iabordental, São Paulo/SP);

Filme Radiográfico AGFA Dentus E-Speed (Heraeus Kulzer, Alemanha);

Aparelho de raios-x Procion ION 70X (Procion, Ribeirão Preto/SP);

Camera Digital Eos Rebel T3 Canon (Canon, Tokyo, Japan);

Programa ImageJ (National Institutes of Health, Maryland/USA);

Tomógrafo de raios-x Gendex CB500 (Imaging Sciencel, Les Plaines, EUA);

Aparelho de ultrassom Scaler Jet (Kondortech, São Carlos/SP);

Álcool 70% (Rioquímica, São José do Rio Preto/SP);

Soro fisiológico (Aster, Sorocaba/SP);

Algodão (SSplus, São Paulo/SP);

Broca diamantada 1014 e 3083 (KG Sorensen, São Paulo/SP);

Caneta de alta rotação (Kavo do Brasil, Joinville/SC);

Agulhas para irrigação Navitips #30 (Ultradent, São Paulo/SP);

Seringa plástica de 5 ml para irrigação (Ultradent, São Paulo/SP);

Cânulas de aspiração Luer Vacuum (Ultradent, São Paulo/SP);

Capillary Tip (Ultradent, São Paulo/SP);

Ponta de aspiração White Mac (Ultradent, São Paulo/SP);
Espelho clínico (Golgran, São Paulo/SP);
Explorador de ponta reta (Golgran, São Paulo/SP);
Gel de Endo-PTC (Formula e Ação, São Paulo/SP);
Hipoclorito de sódio a 1,0 % (Formula e Ação, São Paulo/SP);
EDTA (Fórmula & Ação, São Paulo/SP);
Limas tipo K#06, #08, #10 e #15 (VDW, Munique, Alemanha);
Lima rotatória ProTaper Next (Dentsply - Maillefer, Ballaigues, Suíça);
Lima rotatória ProTaper Gold (Dentsply -Tulsa, Johnson City, EUA);
Lima rotatória ProGlider (Dentsply - Maillefer, Ballaigues, Suíça);
Régua endodôntica milimetrada (Dentsply - Maillefer, Ballaigues, Suíça);
Motor elétrico Smart Plus (Dentsply - Maillefer, Ballaigues, Suíça);
Pontas de papel absorvente #25 (Dentsply - Maillefer, Ballaigues, Suíça);
Microscópio operatório (Alliance, São Paulo/SP); Micrótomo de tecido duro (Extec Labcut 1010, Tokyo/Japan);
Microtomógrafo de Raios X 1176 (SkyScan, Kontich/Bélgica);
Programa CTan (SkyScan, Kontich/Bélgica);
Programa CTvol (SkyScan, Kontich/Bélgica);
Programa DataViewer (SkyScan, Kontich/Bélgica);
Programa NRecon (SkyScan, Kontich/Bélgica);
Programa Graphpad 7.0 (GraphPad software Inc., La Jolla/USA);
Programa online Graph Maker · Plotly (Potty Inc., Montreal, Canadá).

4.2 Métodos

4.2.1 Seleção dos Dentes

Foram selecionados vinte e quatro primeiros e segundos molares inferiores humanos, cedidos pelo Banco de Dentes Permanentes Humanos da FOU SP.

Os dentes foram radiografados utilizando-se filme radiográfico AGFA Dentus E-Speed (Heraeus Kulzer) e aparelho de raios-X Procion ION 70X com 70 kVp, 10 mA e 0,63 segundo de exposição, para análise e mensuração do grau de curvatura da raiz mesial. As radiografias foram então fotografadas em negatoscópio por Câmera Digital Eos Rebel T3 (Canon), digitalizadas e o ângulo da raiz mesial foi medido utilizando-se o programa Image-J (APÊNDICE A), de acordo com o método de Schneider (1971), sendo selecionados dentes com curvatura de 40° até 68° (média de todos os dentes de 54°) (APÊNDICE B). Foram excluídos os dentes com calcificações pulpaes, reabsorções, tratamento endodôntico anterior e fraturas radiculares.

Ainda para critérios de inclusão, os dentes foram verificados através de exame de tomografia computadorizada no aparelho Gendex CB500 (Imaging Science) para constatação de canais méso-vestibular e méso-lingual com forames independentes (Figura 4.1). Os dentes cujas raízes mesiais apresentaram canal único, ou dois canais, mas com forame único, também foram excluídos.

Figura 4.1 - Tomografia computadorizada de feixe cônico para constatação forame independente dos canais méso-vestibular e méso-lingual

4.2.2 Preparo dos Dentes e Divisão dos Grupos Experimentais

Todos os dentes foram limpos com ultrassom e hidratados em soro fisiológico até o início do experimento. O tamanho dos dentes foi padronizado em 17 mm através do corte da coroa e nivelamento de suas superfícies oclusais utilizando maquinário Labicut.

A cirurgia de acesso foi realizada com pontas diamantadas 1014 HL em alta rotação até que a entrada dos canais fosse visualizada. Em seguida foi utilizada a ponta 3083 também em alta rotação para aplainamento das paredes internas da câmara pulpar. A exploração inicial foi realizada com instrumentos do tipo K #06, #08 e #10, e o comprimento de trabalho determinado quando a extremidade deste

último instrumento foi vista através do forame apical, com auxílio de microscópio operatório em um aumento de 8 vezes, recuando-se 1 milímetro desta medida. Ainda, aqueles canais cuja a patência não foi conseguida, também foram excluídos do experimento.

Os 24 espécimes foram divididos em 2 grupos, de 12 dentes cada, de acordo com o sistema a ser utilizado para o *glide path*: com ProGlider (diâmetro de ponta 0,16mm e conicidade progressiva de 2% até 8%) ou com instrumento K #15 (diâmetro de ponta 0,15mm e conicidade contínua 0,02mm/mm). Em seguida, foram divididos em 4 subgrupos com 12 canais cada, de acordo com o *glide path* e sistema utilizado para preparo: G1 - ProTaper Next com instrumento K #15, G2 – ProTaper Next com ProGlider, G3 – ProTaper Gold com instrumento K # 15 e G4 – ProTaper Gold com ProGlider (Figura 4.2).

Figura 4.2 – Grupos experimentais

4.2.3 Exames Microtomográficos

Para esta etapa foi utilizado Microtomógrafo de raios-X SkyScan 1176 (Figura 4.3) localizado no Laboratório de Microtomografia do Instituto de Biologia da Universidade de São Paulo conforme parâmetros utilizados para aquisição das imagens (ANEXO B).

Cada espécime foi submetido a dois escaneamentos: exame pré-operatório e pós-operatório (logo após preparo com instrumento F2 para a ProTaper Gold e X2 para a ProTaper Next).

Os dentes foram posicionados em suporte específico para a amostra e levados para a cama de fibra de carbono do micro-CT, o mais próximo possível do eixo central de rotação, evitando também qualquer movimento durante o escaneamento, conforme Figura 4.4.

Após a aquisição das imagens das projeções em 2D, o programa NRecon (Figura 4.5) foi utilizado para reconstrução das secções transversais conforme parâmetros específicos (ANEXO C).

Figura 4.3 - Microtomógrafo de raios-X SkyScan 1176

Figura 4.4 - Espécime em escaneamento

Figura 4.5 - Programa NRecon utilizado para reconstruir as secções transversais dos espécimes

4.2.4 Preparo Químico-Cirúrgico

Para a realização do preparo químico-cirúrgico, as raízes dos dentes foram cobertas com silicone de condensação Zetaplus (Zhermack), com o objetivo de reter a solução irrigadora intracanal, evitando assim extravasamento pelo forame apical.

Inicialmente uma pequena quantidade de gel de Endo PTC leve (Fórmula e Ação), foi depositada na câmara pulpar e gotejado hipoclorito de sódio a 1%. A seguir, no primeiro grupo o canal foi pré-alargado com lima manual K#10 e lima manual K #15, utilizada com movimentos de limagem contra a parede anti-curvatura. Já no segundo grupo, os canais foram pré-alargados com lima manual K#10 com movimentos de limagem contra parede anti-curvatura e a seguir foi utilizado o instrumento rotatório ProGlider (utilizada com suave pressão apical até atingir o

limite de trabalho. Em seguida foram utilizados os sistemas: G1 - ProTaper Next (*glide path* com instrumento K #15), G2 – ProTaper Next (*glide path* com ProGlider), G3 – ProTaper Gold (*glide path* com instrumento K # 15) e G4 – ProTaper Gold (*glide path* com ProGlider) (Figura 4.6). Todos os instrumentos foram utilizados uma única vez e depois descartado.

Todos os instrumentos foram acionados com o motor elétrico X-Smart Plus, conforme figura 4.7, ajustados na posição específica para cada sistema.

Figura 4.6 - Instrumentos utilizados na preparação dos canais radiculares. A: lima manual do tipo K #15; B: instrumento rotatório ProGlider; C: Sistema rotatório ProTaper Gold; D: Sistema rotatório ProTaper Next

Figura 4.7 - Motor X-Smart Plus calibrado em posição específica de cada instrumento utilizado na preparação dos canais radiculares. A: ProGlider; B: ProTaper Next; C: ProTaper Gold S1; D: ProTaper Gold S2; E: ProTaper Gold F1; F: ProTaper Gold F2

A sequência de instrumentos nos grupos de ProTaper Next foi: X1 (17/.04) e X2 (25/.06). Para os grupos ProTaper Gold foi: S1 (17/.02), S2 (20/.04), F1 (20/.07) e F2 (25/.08). Cada instrumento foi inserido lentamente no canal radicular em movimento de vai e vem em direção apical com pouca pressão (com amplitude aproximada de 1mm) e removido após três avanços sequenciais. Isto se repetiu com cada instrumento até que o comprimento de trabalho fosse atingido (Figura 4.8).

Figura 4.8 – Dente com a raiz coberta com silicone de condensação para a instrumentação do canal radicular

Após cada etapa, o canal foi irrigado com 5 ml de hipoclorito de sódio a 1% usando uma seringa descartável com uma agulha Navitip 30G (Ultradent) e os instrumentos eram limpos. Uma lavagem final com 5 ml de EDTA a 17% foi realizada seguida por uma lavagem com 5 ml novamente de hipoclorito de sódio a 1%. Os canais foram então secos com cones de papel, e escaneados pela micro-CT com os mesmos parâmetros dos exames pré-tratamento. Todos os procedimentos operatórios na fase de instrumentação do canal radicular foram realizados pelo mesmo operador (BNV).

4.2.5 Metodologia de Avaliação

Após a reconstrução das imagens resultantes dos escaneamentos pré e pós-operatórios foi realizada a etapa de análise e visualização. O programa Data Viewer foi então utilizado para o registro dos dois conjuntos de imagens (pré e pós-operatório), pré-operatório usado como referência e pós-operatório como alvo, alinhando e registrando assim as duas reconstruções geometricamente (Figura 4.9).

Figura 4.9 - Program Data Viewer alinhando e registrando imagens pré e pós instrumentação

Em seguida, os conjuntos de imagens pré-operatório foram abertos no programa CTan, para o cálculo de parâmetros quantitativos e construção dos modelos visuais em 3D. Para cada espécime a secção transversal que mostrou o início do canal no dente, no nível da câmara pulpar foi escolhida como “top”, e o último corte apical onde é possível visualizar a raiz foi selecionado como “bottom” e assim selecionada a região de interesse a ser estudada (Figura 4.10)

Figura 4.10 - Seleção dos cortes de referência. A: Corte mais coronal: top; B: Corte mais apoical - bottom

Duas novas regiões de interesse (ROI) foram então criadas em todas as secções transversais, selecionando e separando a raiz mesial em região mésio-vestibular e mésio-lingual, e salvas para utilização nas análises posteriores. A integração das regiões de interesse em todos os cortes definiu o volume de interesse (VOI) de cada espécime e, assim sendo, foi salvo um novo conjunto de imagens somente como canal a ser analisado (Figura 4.11).

Figura 4.11 - Seleção da área de interesse

Este novo volume de interesse foi então novamente carregado no programa CTAn, agora somente com o canal mésio-vestibular ou mésio-lingual (Figura 4.12), e o intervalo na escala de cinza foi necessário para reconhecer cada objeto a ser analisado e assim era determinado o histograma de densidade separando o que é dentina do espaço endodôntico. Esta etapa é chamada binarização ou segmentação.

Figura 4.12 - Novo volume de interesse (canal dissociado) no programa CTAn

O resultado final foi uma imagem binária composta por pixels brancos (dentina) e pixels pretos que representam o espaço vazio (canal endodôntico), conforme figura 4.13.

Figura 4.13 - Binarização do objeto: dentina em branco e espaço endodôntico em preto

A seguir foi utilizada a ferramenta *custom processing* para processamento dos dados quantitativos e outras diversas funções através da criação e execução de especifica *task lists*, ou lista de tarefas responsáveis por quantificações propostas neste estudo (Figura 4.14).

Figura 4.14 - Ferramenta *custom processing* com *plug-ins* para a criação da lista de tarefas

Desta forma, foram criadas listas padrão distintas para avaliar o centro de gravidade (centroide) do espaço endodôntico em cada corte (ANEXO D), e outra lista para a análise segmentada da dentina e espaço endodôntico de maneira distinta (ANEXO E).

Para análise da superfície não tocada, imagens binárias do espaço endodôntico pré e pós-instrumentação eram abertas simultaneamente e as áreas pré-operatórias que não foram englobadas pelas imagens pós-operatórias eram quantificadas com *task list* específica conforme ANEXO F (Figura 4.15).

Figura 4.15 - Análise da superfície não tocada: em azul o canal pré-preparo, em vermelho o canal pós-preparo e em branco áreas não tocadas

Para a avaliação do transporte do canal radicular a ser analisado o programa mensurou o centro de gravidade do canal radicular em cada imagem das secções transversais obtidas pelo micro-CT demonstrando resultados em valores para x, y e z (planos sagital, coronal e transversal) conforme figura 4.16. O transporte por este método é avaliado com a obtenção da distância entre o centro de gravidade em cada corte das imagens pré e pós-operatórias. Essa distância é obtida através da fórmula $D^2 = (x1-x2)^2 + (y1-y2)^2 + (z1-z2)^2$. Para o desgaste de dentina, aumento no volume e na superfície do canal, o programa realiza análises volumétricas e ainda a criação de modelo 3D dos objetos (dentina e espaço endodôntico).

Figura 4.16 - Valores para x, y e z em cada corte

Arquivo Editar Formatar Exibir Ajuda

```
File name,Z position,Number of objects,Total ROI area,Object area,Percent object a
,Pos.Z,Obj.N,T.Ar,Obj.Ar,Obj.Ar/T.Ar,T.Pm,Obj.Pm,Obj.Pm/Obj.Ar,Av.Obj.Ar,Av.Obj.EC
,mm,,mm^2,mm^2,%,mm,mm,1/mm,mm^2,mm,1/mm,,mm^2,mm,%,mm^2,mm^2,%,%,mm,mm,mm^4,mm^4
vestibular_pré_1_rec_ref_voi_0684.bmp,11.91617,,,,,,,,,,,,,1.31664,3.08563,
vestibular_pré_1_rec_ref_voi_0683.bmp,11.89875,,,,,,,,,,,,,1.30548,3.07259,
vestibular_pré_1_rec_ref_voi_0682.bmp,11.88133,,,,,,,,,,,,,1.29716,3.06312,
vestibular_pré_1_rec_ref_voi_0681.bmp,11.86390,,,,,,,,,,,,,1.28724,3.05460,
vestibular_pré_1_rec_ref_voi_0680.bmp,11.84648,,,,,,,,,,,,,1.27661,3.04495,
vestibular_pré_1_rec_ref_voi_0679.bmp,11.82906,,,,,,,,,,,,,1.26623,3.03482,
vestibular_pré_1_rec_ref_voi_0678.bmp,11.81164,,,,,,,,,,,,,1.25778,3.02603,
vestibular_pré_1_rec_ref_voi_0677.bmp,11.79422,,,,,,,,,,,,,1.24809,3.01731,
vestibular_pré_1_rec_ref_voi_0676.bmp,11.77680,,,,,,,,,,,,,1.23720,3.00399,
vestibular_pré_1_rec_ref_voi_0675.bmp,11.75938,,,,,,,,,,,,,1.22614,2.99328,
vestibular_pré_1_rec_ref_voi_0674.bmp,11.74196,,,,,,,,,,,,,1.21768,2.98546,
vestibular_pré_1_rec_ref_voi_0673.bmp,11.72453,,,,,,,,,,,,,1.20636,2.97612,
vestibular_pré_1_rec_ref_voi_0672.bmp,11.70711,,,,,,,,,,,,,1.19537,2.96510,
vestibular_pré_1_rec_ref_voi_0671.bmp,11.68969,,,,,,,,,,,,,1.18378,2.95467,
vestibular_pré_1_rec_ref_voi_0670.bmp,11.67227,,,,,,,,,,,,,1.17581,2.94457,
vestibular_pré_1_rec_ref_voi_0669.bmp,11.65485,,,,,,,,,,,,,1.16686,2.93326,
vestibular_pré_1_rec_ref_voi_0668.bmp,11.63743,,,,,,,,,,,,,1.15800,2.92502,
vestibular_pré_1_rec_ref_voi_0667.bmp,11.62001,,,,,,,,,,,,,1.14898,2.91561,
vestibular_pré_1_rec_ref_voi_0666.bmp,11.60259,,,,,,,,,,,,,1.13994,2.90405,
vestibular_pré_1_rec_ref_voi_0665.bmp,11.58516,,,,,,,,,,,,,1.13022,2.89265,
```

Gráficos fabricados com o software online Graph Maker Plotly foram realizados qualificando o transporte através de gráfico 3D ilustrado com a obtenção de uma linha conectando os centros de gravidade em cada fatia ao longo eixo da raiz. A seguir as linhas pré e pós-operatórias cada canal foram registradas e sobrepostas mostrando o transporte (Figura 4.17).

Figura 4.17 - A linha verde representa o longo eixo do canal pré-operatório e linha vermelha o longo eixo do canal pós-operatório

4.2.6 Análise Estatística

Para a análise estatística foi utilizado o programa GraphPad Prism 7. O nível de significância foi fixado em $p < 0.05$. Para as avaliações do transporte do canal, da porcentagem do volume de desgaste de dentina, aumento no volume do canal, da superfície e quantificação de superfícies não tocadas foi realizada a Análise de Variância de dois fatores (ANOVA). A análise de variância foi então complementada pelo teste Tukey para averiguar diferenças em combinações múltiplas entre os grupos.

5 RESULTADOS

Considerando os diferentes grupos experimentais não houve diferença estatisticamente significativa quanto ao transporte do canal radicular na análise da totalidade e na análise individual por terços ($p < 0,05$) (APÊNDICE D).

Na análise do volume de dentina, médias para os volumes iniciais e finais de dentina e valores percentuais médios de dentina removida para cada grupo experimental, estão expressos na tabela 5.1. Na comparação entre grupos, a porcentagem de dentina removida do grupo 1 (ProTaper Next precedido da lima K #15) foi significativamente menor apenas no terço médio em relação aos outros grupos. Já nos terços cervical e apical e na totalidade do canal não houve diferença entre os grupos ($p < 0,05$).

Tabela 5.1 - Volumes iniciais e finais de dentina, volume e percentual volumétrico de dentina removida após preparo do canal radicular com os Sistemas Testados (médias e desvios-padrão)

	Região	PROTAPER NEXT		PROTAPER GOLD	
		LIMA #15	PROGLIDER	LIMA #15	PROGLIDER
Volume de dentina inicial (mm³)	Total	19,186 ± 8,639	16,149 ± 7,002	15,829 ± 6,849	15,637 ± 7,786
	Cervical	8,765 ± 3,911	6,996 ± 3,719	7,227 ± 3,808	6,241 ± 3,235
	Médio	7,320 ± 3,998	5,492 ± 2,540	5,268 ± 1,901	5,815 ± 3,218
	Apical	3,099 ± 1,623	3,663 ± 1,739	3,333 ± 1,605	3,553 ± 2,208
Volume de dentina final (mm³)	Total	17,937 ± 8,203	14,720 ± 6,354	13,859 ± 5,669	14,059 ± 6,770
	Cervical	8,038 ± 3,614	6,125 ± 3,275	6,167 ± 3,248	5,335 ± 2,815
	Médio	6,933 ± 3,875	5,122 ± 2,454	4,599 ± 1,466	5,365 ± 2,936
	Apical	2,962 ± 1,561	3,475 ± 1,697	3,065 ± 1,473	3,322 ± 2,003
Volume de dentina removida (mm³)	Total	1,249 ± 1,019	1,428 ± 0,877	1,969 ± 1,505	1,578 ± 1,394
	Cervical	0,727 ± 0,602	0,870 ± 0,666	1,060 ± 0,847	0,906 ± 0,783
	Médio	0,387 ± 0,354	0,370 ± 0,186	0,669 ± 0,557	0,450 ± 0,435
	Apical	0,137 ± 0,121	0,188 ± 0,122	0,269 ± 0,190	0,231 ± 0,222
Volume de dentina removida (%)	Total	6,451 ± 3,989	8,721 ± 4,202	12,047 ± 6,092	9,619 ± 3,630
	Cervical	8,334 ± 5,229	12,518 ± 7,496	15,145 ± 8,863	14,637 ± 6,414
	Médio	5,191 ± 3,874 ^A	7,393 ± 4,329 ^B	11,763 ± 6,453 ^B	7,378 ± 3,597 ^B
	Apical	4,690 ± 4,312	5,705 ± 3,466	8,053 ± 4,557	6,016 ± 2,415

*Diferentes letras sobrescritas na mesma linha indicam diferença estatística entre os grupos (p<0,05).

Na análise do volume de dentina, considerando apenas o sistema utilizado para a instrumentação do canal, as médias para os volumes iniciais e finais de dentina e valores percentuais médios de dentina removida estão expressas na tabela 5.2. O desgaste de dentina realizado pelo ProTaper Gold foi significativamente maior em relação ao ProTaper Next, nos terços cervical e médio e na totalidade do canal. No terço apical não houve diferença significativa (p<0,05).

Tabela 5.2 - Volumes iniciais e finais de dentina (em mm³) e percentual volumétrico (%) de dentina removida após preparo do canal radicular com os Sistemas Testados independente do método de *glide path* utilizado (médias e desvios-padrão)

	Região	PROTAPER NEXT	PROTAPER GOLD
Volume de dentina inicial (mm ³)	Total	17,667± 7,845	15,732± 7,172
	Cervical	7,880 ± 3,839	6,734± 3,491
	Médio	6,405± 3,406	5,541± 2,599
	Apical	3,381± 1,670	3,443± 1,891
Volume de dentina final (mm ³)	Total	16,328± 7,361	13,959± 6,107
	Cervical	7,081 ± 3,511	5,750± 3,002
	Médio	6,027± 3,304	4,982± 2,303
	Apical	3,218 ± 1,615	3,193 ± 1,724
Volume de dentina removida (mm ³)	Total	1,338 ± 0,934	1,773± 1,432
	Cervical	0,798 ± 0,624	0,983 ± 0,801
	Médio	0,378 ± 0,276	0,559 ± 0,501
	Apical	0,162 ± 0,122	0,249 ± 0,202
Volume de dentina removida (%)	Total	7,586 ± 4,1711 ^A	10,833 ± 5,058 ^B
	Cervical	10,425 ± 6,672 ^A	14,891 ± 7,570 ^B
	Médio	6,292 ± 4,172 ^A	9,570 ± 5,578 ^B
	Apical	5,197 ± 3,860	7,034 ± 3,715

*Diferentes letras sobrescritas na mesma linha indicam diferença estatística entre os grupos (p<0,05).

Na análise do volume de canal, as médias para os volumes iniciais e finais de dentina e valores percentuais médios do aumento do volume para cada grupo experimental estão expressos na tabela 5.3. Na comparação entre os grupos na porcentagem do aumento do volume do canal não houve diferença significativa entre os grupos nos terços cervical, médio e apical e na totalidade do canal (p<0,05).

Tabela 5.3 - Volumes iniciais e finais do canal radicular (em mm³) e percentual volumétrico (%) do aumento do canal radicular após preparo com os Sistemas Testados (médias e desvios-padrão)

	Região	PROTAPER NEXT		PROTAPER GOLD	
		LIMA #15	PROGLIDER	LIMA #15	PROGLIDER
Volume do canal inicial (mm ³)	Total	1,586 ± 0,819	2,056 ± 0,607	1,446 ± 0,358	1,769 ± 0,745
	Cervical	0,909 ± 0,447	1,172 ± 0,282	0,776 ± 0,253	0,864 ± 0,237
	Médio	0,508 ± 0,366	0,673 ± 0,269	0,455 ± 0,118	0,611 ± 0,308
	Apical	0,168 ± 0,073	0,217 ± 0,090	0,217 ± 0,103	0,293 ± 0,233
Volume do canal final (mm ³)	Total	2,600 ± 1,003	3,280 ± 0,969	3,395 ± 1,740	2,937 ± 1,092
	Cervical	1,532 ± 0,511	1,882 ± 0,525	1,845 ± 0,927	1,529 ± 0,438
	Médio	0,800 ± 0,413	1,020 ± 0,324	1,110 ± 0,609	0,984 ± 0,383
	Apical	0,270 ± 0,148	0,388 ± 0,174	0,452 ± 0,253	0,460 ± 0,239
Aument o do volume do canal (mm ³)	Total	1,015 ± 0,728	1,223 ± 0,648	1,949 ± 1,628	1,168 ± 0,513
	Cervical	0,632 ± 0,400	0,710 ± 0,394	1,069 ± 0,889	0,665 ± 0,277
	Médio	0,291 ± 0,256	0,347 ± 0,176	0,655 ± 0,579	0,373 ± 0,159
	Apical	0,102 ± 0,113	0,171 ± 0,127	0,235 ± 0,192	0,217 ± 0,213
Aument o do volume do canal (%)	Total	87,688 ± 75,827	62,154 ± 37,115	142,183 ± 109,049	71,949 ± 33,569
	Cervical	98,334 ± 86,455	62,196 ± 37,588	163,331 ± 150,707	78,668 ± 32,798
	Médio	89,554 ± 92,210	58,787 ± 44,704	152,058 ± 124,470	72,588 ± 38,908
	Apical	80,652 ± 59,908	92,866 ± 75,922	96,774 ± 68,719	80,969 ± 54,202

Na análise do volume de canal tendo em consideração o método para o *glide path*, as médias para os volumes iniciais e finais e valores percentuais médios do aumento do volume estão expressos na tabela 5.4, onde houve diferença significativa do aumento do volume após o preparo do canal radicular na totalidade do canal quando utilizada a lima K #15 na exploração inicial do canal. A mesma diferença foi observada quando analisados os terços cervical e médio; já, para o terço apical, não houve diferença significativa ($p < 0,05$).

Tabela 5.4 - Volumes iniciais e finais do canal radicular (em mm³) e percentual volumétrico (%) do aumento do canal radicular após preparo com método de *glide path* independente dos Sistemas Testados (médias e desvios-padrão)

Região		LIMA #15	PROGLIDER
Volume do canal Inicial (mm ³)	Total	1,504± 0,580	1,912± 0,679
	Cervical	0,832± 0,343	1,017± 0,299
	Médio	0,477± 0,246	0,642± 0,283
	Apical	0,196± 0,092	0,254± 0,176
Volume do canal Final (mm ³)	Total	3,060± 1,495	3,108± 1,022
	Cervical	1,713± 0,777	1,705± 0,505
	Médio	0,979 ± 0,544	1,002± 0,346
	Apical	0,375± 0,229	0,424± 0,259
Aumento do volume do canal (mm ³)	Total	1,555± 1,379	1,195± 0,570
	Cervical	0,881± 0,743	0,687± 0,333
	Médio	0,501± 0,495	0,360± 0,164
	Apical	0,178± 0,173	0,169± 0,125
Aumento do volume do canal (%)	Total	119,23 ± 98,013 ^A	67,051 ± 34,895 ^B
	Cervical	135,963 ± 128,886 ^A	70,432 ± 35,441 ^B
	Médio	125,740 ± 113,661 ^A	65,687 ± 41,501 ^B
	Apical	90,094 ± 74,430	86,917 ± 64,659

*Diferentes letras sobrescritas na mesma linha indicam diferença estatística entre os grupos (p<0,05).

Na análise da área de superfície do canal, as médias para as áreas iniciais e finais e valores percentuais médios do aumento da área de superfície para cada grupo experimental estão expressos na tabela 5.5. Na comparação entre os grupos a porcentagem do aumento na área de superfície do canal não houve diferença significativa entre os grupos nos terços cervical, médio e apical e na totalidade do canal (p<0,05).

Tabela 5.5 - Área da superfície iniciais e finais do canal radicular (em mm²) e percentual (%) do aumento do canal radicular após preparo com os Sistemas Testados (médias e desvios-padrão)

	Região	PROTAPER NEXT		PROTAPER GOLD	
		LIMA #15	PROGLIDER	LIMA #15	PROGLIDER
Área da superfície inicial (mm ²)	Total	18,462 ± 7,189	23,789 ± 9,116	18,011 ± 5,315	20,763 ± 7,089
	Cervical	9,788 ± 4,040	12,957 ± 6,469	9,152 ± 3,175	10,160 ± 3,609
	Médio	5,807 ± 3,133	7,839 ± 2,910	5,744 ± 1,543	6,956 ± 2,831
	Apical	3,552 ± 1,103	4,155 ± 1,464	3,799 ± 1,464	4,581 ± 2,353
Área da superfície final (mm ²)	Total	24,056 ± 9,825	26,134 ± 6,760	25,224 ± 8,293	24,938 ± 9,540
	Cervical	13,202 ± 6,259	13,750 ± 3,083	12,548 ± 4,033	12,168 ± 4,579
	Médio	7,912 ± 3,465	8,759 ± 2,657	8,864 ± 3,359	8,604 ± 3,214
	Apical	4,425 ± 1,574	5,195 ± 1,818	5,519 ± 2,120	5,948 ± 3,244
Aumento da área da superfície do canal (%)	Total	134,812 ± 37,802	117,301 ± 32,087	142,190 ± 30,854	122,189 ± 26,043
	Cervical	141,620 ± 47,596	122,303 ± 47,267	142,009 ± 36,879	123,654 ± 28,763
	Médio	148,842 ± 58,360	116,241 ± 26,635	154,110± 35,966	128,846 ± 28,192
	Apical	125,866 ± 32,563	128,355 ± 27,829	156,301 ± 62,185	130,446 ± 21,426

Na análise da área de superfície do canal, considerando apenas o método para o *glide path*, as médias para as áreas iniciais e finais e valores percentuais médios do aumento da área de superfície para cada grupo experimental foram expressos na tabela 5.6. Quando utilizada a lima K #15 como instrumento inicial, a porcentagem do aumento área de superfície do canal após o preparo foi significativamente maior no terço médio e na totalidade do canal. Não houve diferenças significativas para os terços cervical e apical ($p < 0,05$).

Tabela 5.6 - Área da superfície iniciais e finais do canal radicular (em mm²) e percentual (%) do aumento do canal radicular após preparo com método de *glide path* independente dos Sistemas Testados (médias e desvios-padrão)

	Região	LIMA #15	PROGLIDER
Área da superfície inicial (mm²)	Total	18,236± 6,186	22,276 ± 8,134
	Cervical	9,470 ± 3,568	11,558± 5,318
	Médio	5,775± 2,415	7,397± 2,843
	Apical	3,675± 1,273	4,368± 1,928
Área da superfície final (mm²)	Total	24,639± 8,911	25,536 ± 8,109
	Cervical	12,874± 5,159	12,959± 3,901
	Médio	8,388± 3,372	8,681± 2,884
	Apical	4,972± 1,909	5,571± 2,600
Aumento da área da superfície do canal (%)	Total	138,500 ± 33,954 ^A	119,745 ± 28,688 ^B
	Cervical	141,814 ± 41,640	122,978 ± 38,270
	Médio	151,476 ± 47,484 ^A	122,543 ± 27,583 ^B
	Apical	141,083 ± 50,972	129,400 ± 24,312

*Diferentes letras sobrescritas na mesma linha indicam diferença estatística entre os grupos (p<0,05).

Na análise de superfície não tocada, os valores percentuais médios para cada grupo experimental estão expressos na tabela 5.7. Na comparação entre grupos, a porcentagem de superfícies não tocadas entre os grupos não apresentou diferença significativa nos terços cervical, médio e apical e na totalidade do canal (p<0,05).

Tabela 5.7 - Percentual (%) das superfícies não tocadas após preparo com os Sistemas Testados (médias e desvios-padrão)

	Região	PROTAPER NEXT		PROTAPER GOLD	
		LIMA #15	PROGLIDER	LIMA #15	PROGLIDER
Paredes não tocadas (%)	Total	37,428 ± 13,844	28,702 ± 14,705	30,572 ± 10,801	29,560 ± 12,758
	Cervical	38,284 ± 20,112	30,867 ± 11,218	30,654 ± 11,732	32,435 ± 10,544
	Médio	29,859 ± 21,645	27,034 ± 17,719	26,990 ± 14,903	27,230 ± 12,369
	Apical	36,559 ± 14,680	20,630 ± 17,486	29,730 ± 14,749	25,940 ± 16,206

Na análise de superfície não tocada os valores percentuais médios para cada grupo experimental estão expressos na tabela 5.8 comparando o método utilizado para o *glide path*. Na comparação a porcentagem de superfícies não tocadas entre os dois métodos houve diferença significativa no terço apical, observando-se maior quantidade de paredes não tocadas para os grupos onde foi utilizado a lima K#15 no início do preparo do canal radicular. Nos terços cervical e médio, e na totalidade do canal, não houve diferença estatística significativa ($p < 0,05$).

Tabela 5.8 - Percentual (%) das superfícies de paredes não tocadas após preparo com método de *glide path* independente dos Sistemas Testados (médias e desvios-padrão)

	Região	LIMA #15	PROGLIDER
Paredes não tocadas (%)	Total	33,999 ± 12,637	29,130 ± 13,470
	Cervical	34,469 ± 16,567	31,651 ± 10,676
	Médio	28,424 ± 18,232	27,132 ± 14,944
	Apical	33,144 ± 14,807 ^A	23,285 ± 16,709 ^B

*Diferentes letras sobrescritas na mesma linha indicam diferença estatística entre os grupos ($p < 0,05$).

Na figura 5.1 estão dispostos alguns modelos reconstruídos dos canais mesiais representativos dos volumes iniciais e finais dos canais mesiais do grupo onde foi realizado o glide path com instrumento ProGlider. Observa-se em cor verde o volume inicial e em cor vermelha o volume final.

Na figura 5.2 estão dispostos modelos reconstruídos dos canais mesiais do grupo onde foi realizado o glide path com lima K #15.

Figura 5.1 – A: Canal radicular antes do preparo (verde); B: Canal radicular após o preparo (vermelho); C: Canal radicular final (vermelho) sobreposto à anatomia inicial do canal radicular (verde); D: Gráfico antes do preparo (verde); E: Gráfico após o preparo (vermelho); F: Gráfico após o preparo (vermelho) sobreposto ao gráfico antes do preparo (verde); Lima ProGlider + PTG no canal méso-vestibular; Lima ProGlider + PTN no canal méso-lingual

Figura 5.2 - A: Canal radicular antes do preparo (verde); B: Canal radicular após o preparo (vermelho); C: Canal radicular final (vermelho) sobreposto à anatomia inicial do canal radicular (verde); D: Gráfico antes do preparo (verde); E: Gráfico após o preparo (vermelho); F: Gráfico após o preparo (vermelho) sobreposto ao gráfico antes do preparo (verde); Lima #15 + PTG no canal méso-vestibular; Lima #15 + PTN no canal méso-lingual

6 DISCUSSÃO

Considerando os avanços tecnológicos conquistados pela odontologia, atualmente verifica-se o aperfeiçoamento de sistemas, técnicas e instrumentos endodônticos, que têm sido criados e estudados por diversos autores e por meio de diferentes métodos de análise de seu desempenho.

Importante ressaltar a necessidade do entendimento sobre o desenvolvimento das características morfológicas dos instrumentos endodônticos, aliado ao conhecimento das metodologias utilizadas para análise do comportamento destes instrumentos, afim de otimizar o preparo do canal radicular na prática clínica.

No presente estudo, a seleção dos dentes naturais, extraídos e humanos para a avaliação do preparo endodôntico se deu pela maior semelhança à realidade clínica. As variações e dificuldades na prática clínica, inerentes a sua modelagem, como, por exemplo, a dureza da dentina, a presença de curvaturas e, principalmente, a complexa anatomia interna são melhor representadas.

Uma atenção foi atribuída a seleção dos dentes e à padronização da curvatura das raízes. Sobretudo, a escolha pelos molares inferiores se deu pelo fato das raízes mesiais apresentarem curvaturas com frequência em torno de 60% (Schäfer et al., 2002). Essa variável foi verificada, e devido a escassa literatura sobre o tema proposto em espécimes com curvatura severa, os dentes utilizados na pesquisa foram padronizados com curvatura desde 40° até 68° (média de curvatura de 54°).

Schäfer et al. (2002), investigando frequência e grau de curvatura dos dentes permanente humanos, relatou através de análises por radiografias que 9% dos canais possuem curvaturas acima de 35°, e obviamente, que curvaturas acentuadas exigem maior cautela e atenção do operador. O transporte do canal é um erro comum e pode ocorrer pelo emprego de cinemática equivocada concomitante ao uso de instrumentos endodônticos rígidos.

A rigidez do instrumento implica no maior desgaste da parede externa, aumentando assim o transporte da curvatura original, portanto, o uso de

instrumentos com maior flexibilidade auxilia na melhor conformação do canal radicular (Lopes; Siqueira, 2013), e por isso, foi feita a escolha no presente estudo de sistemas confeccionados em liga de níquel-titânio com tratamentos térmicos que conferem maior flexibilidade aos instrumentos.

Outro aspecto relevante de curvatura acentuada é a susceptibilidade à fratura dos instrumentos rotatórios de níquel-titânio durante sua preparação (Pruett et al., 1997; Haïkel et al., 1999). No presente estudo cinco dentes foram prontamente substituídos devido a fratura dos instrumentos rotatórios, sendo dois instrumentos ProGlider, dois instrumentos ProTaper Next X2 e um instrumento ProTaper Gold S2.

Salientando a relevância clínica, a análise por meio da micro-CT utilizada no presente estudo, nos permitiu uma avaliação da morfologia do canal radicular e a mensuração com acurácia dos volumes nas regiões de interesse, sem qualquer tipo de destruição do espécime, trazendo a noção exata do comportamento dos sistemas testados na prática clínica do endodontista.

Anteriormente, um dos métodos mais utilizados de avaliação e comparação do tratamento endodôntico pré e pós-operatório era a técnica de Bramante (Bramante et al., 1987) onde os dentes eram seccionados, fotografados e as imagens analisadas em software específico através da sobreposição das imagens. No entanto, esta técnica apresentava limitações creditadas a largura nas fatias dos fragmentos seccionados, e, portanto, a observação detalhada também ficava limitada.

Como a metodologia mencionada acima não era precisa e detalhada, principalmente devido à baixa resolução dos dados adquiridos, um método alternativo conhecido como tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) foi introduzido nas pesquisas endodônticas. Precusores a estudos relacionados ao preparo do canal radicular, Gambill et al. (1996), produziram imagens através da TCFC para comparar técnicas de instrumentação do canal radicular. A metodologia reproduzia imagens com limitada nitidez e acurácia, e portanto, a reprodutibilidade do método ao longo dos anos não foi consistente na literatura (Grande et al., 2012).

Ressaltando a literatura atual, onde se torna cada vez mais comum as análises através da micro-CT, é conceitual que a evolução de softwares mostra que

os dados pesquisados são confiáveis, pois tecnicamente é conseguida a alta precisão com a resolução *in vitro* de 5 a 10 μm (Engelke et al, 1999). Nielsen et al. (1995) demonstraram através da micro-CT que era possível reproduzir a anatomia dos dentes com precisão usando esta técnica não-invasiva. Nesse contexto, Shibuya et al. (2000) relataram que as medições obtidas por este método, de fato, eram precisas.

Rhodes et al. (1999) compararam o espaço interno da raiz com a superfície externa usando imagens de micro-CT e imagens digitalizadas em vídeo. Eles descobriram que havia uma correlação altamente significativa entre as imagens de micro-CT e vídeo-digitalizadas, mas é importante ressaltar que a maior vantagem da micro-CT é possibilitar análises 3D. Ainda relevante observar que a metodologia torna possível a análise sobre procedimentos sequenciais em um mesmo espécime, seja de modo quantitativo e qualitativo.

Com a micro-CT, o efeito da instrumentação no canal radicular tem sido avaliado recentemente comparando-se volume e área de superfície do canal, espessura de dentina, conicidade, transporte de canal e áreas não instrumentadas. Entretanto, é importante salientar que as avaliações quantitativas em três dimensões dever ser interpretadas com cautela. É primordial a atenção em alguns fatores, pois, surpreendentemente a instrumentação resulta em ganho de volume do canal, mas pode resultar em diminuição da área de superfície, e este, é um simples exemplo da necessidade de algum conhecimento das características anatômicas do dente e do preparo do canal radicular. Ademais, o conhecimento de possíveis fontes de erros, para evitar interpretações incorretas de imagens reconstruídas, é fundamental, por isso, é essencial a calibragem, domínio e destreza do operador frente ao manejo do software.

Contudo, a micro-CT é um método utilizado com frequência em pesquisas mensurando diversos quesitos de preparação do canal radicular como a alteração de volume do canal comparando diferentes protocolos de instrumentação (Peters et al., 2001), detalhes da anatomia do canal radicular (Mannocci et al., 2005), áreas da parede do canal não tocadas pelo instrumento (Metzger et al., 2010), volume de debris remanescentes no canal radicular após o preparo (Paqué et al., 2009), volume de material obturador comparando diferentes técnicas de obturação

(Hammad et al., 2009), volume remanescente de medicação intra-canal com hidróxido de cálcio (Wiseman et al., 2011), além de propiciar análises correlativas com outros métodos de pesquisa (Siqueira et al., 2013).

Importante questão da instrumentação do canal radicular é a manutenção da curvatura original, mas ainda, o transporte do canal radicular é um erro comum em todas as técnicas de instrumentação e pode ser avaliado em três dimensões usando a micro-CT (Hülsmann et al., 2005). Na micro-CT, esse desvio do canal pode ser medido verificando o deslocamento do centro de gravidade em números absolutos na relação da curvatura do canal cirúrgico quando comparado ao canal anatômico.

Em interessante estudo realizado por Javaheri e Javaheri (2007), foi revelado nos resultados uma quantidade média de transporte do canal na região apical que não ultrapassou 17µm quando utilizados os sistemas Hero642 (Micro Mega) e Race (FKG). Os autores consideraram este resultado pouco relevante na prática clínica, não observando qualquer indicação de desvio. Os resultados da presente pesquisa também mostraram desvios não significantes na terapia endodôntica, onde para o preparo do canal radicular com os instrumentos ProTaper Next ou ProTaper Gold foram encontrados desvios que não ultrapassaram a média de 59µm considerando a análise sobre o terço apical. Ainda no presente estudo, o maior desvio encontrado foi de 450µm na região do terço cervical. Este valor pode ser considerado irrelevante, pois nesta região é onde existe necessidade de maior desgaste compensatório no sentido anti-curvatura, removendo concreções e facilitando acesso do instrumento ao terço médio e apical.

Sobre os instrumentos rotatórios de níquel-titânio, sabe-se que eles têm a finalidade de preparar e manter a curvatura original do canal, mesmo em canais extremamente curvos (Burklein et al., 2014, 2015; Saber et al., 2015; Wu et al., 2015). No presente estudo, os centros de gravidade foram mensurados em números absolutos (mm), em cada corte e comparados entre as imagens pré e pós-operatória quantificando assim o transporte. Na totalidade do canal e na avaliação por terços, ProTaper Gold e ProTaper Next se equivaleram com respeito ao desvio do canal original, não apresentando diferenças significativas independente se o *glide path* foi realizado com lima manual do tipo K #15 ou com instrumento ProGlider.

Com relação aos instrumentos utilizados neste estudo, sabe-se que os sistemas ProTaper Gold e ProTaper Next possuem diferentes *designs* e são fabricados com ligas de níquel-titânio com diferentes tratamentos térmicos específicos, o que lhes conferem maior resistência e flexibilidade. Tais características metalúrgicas podem explicar os resultados obtidos no presente trabalho, onde o transporte em todos os grupos foi irrelevante. Estes resultados foram também encontrados por Gagliardi et al. (2015) em sua pesquisa, onde foi comprovado pouco transporte destes sistemas. Na ocasião, os autores compararam ProTaper Gold e ProTaper Next com um sistema fabricado com liga de níquel-titânio convencional, o ProTaper Universal. Observaram que o ProTaper Universal apresentou taxa de desvio significativamente maior que o ProTaper Gold e o ProTaper Next que mantiveram centralização do preparo em relação a morfologia pré-operatória. Portanto, o preparo do canal radicular com instrumentos fabricados com ligas de níquel-titânio com metalurgia refinada obedece a anatomia original do canal radicular.

Ao longo dos últimos anos, novos instrumentos e técnicas (Metzger et al., 2010; Plotino et al., 2012) foram lançados para tentar superar as dificuldades enfrentadas no preparo apical de canais radiculares com curvaturas acentuadas (Schirrmeister et al., 2006; Hartmann et al., 2007).

Entre conceitos inovadores, o alargamento inicial no terço apical e a formatação de um caminho inicial (*glide path*) através de instrumentos automatizados, têm sido mostrados para minimizar erros de procedimento durante o tratamento do canal. Em resumo, tais instrumentos como por exemplo o PathFile e o recentemente lançado ProGlider, tem como finalidade criar um percurso inicial eliminando a necessidade de um pré-alargamento com instrumentação manual (Berutti et al., 2009).

A literatura mostra que tal pré-alargamento automatizado ajuda a preservar a anatomia original do canal radicular (Alves et al., 2012; Pasqualini et al., 2012), e, portanto, minimiza o transporte do canal radicular. Esse aspecto foi recentemente avaliado por Paleker e van der Vyver (2017) que obtiveram melhor centralização com a instrumentação inicial com a ProGlider quando comparada a instrumentos manuais em dentes com curvatura moderada. No entanto, os resultados obtidos no

presente estudo vão ao encontro desta literatura, pois não foi constatada diferença significativa quando comparado o instrumento para o *glide path* ProGlider em relação com o simples pré alargamento com lima K #15 sobre o transporte do canal, pois com ambos os instrumentos, a preparação do canal radicular se manteve centralizada em relação as condições pré-operatórias.

Na análise do volume de dentina, valores percentuais médios de dentina removida mostraram que a dentina removida do grupo 1 (ProTaper Next precedido da lima K #15) foi significativamente menor apenas no terço médio em relação aos outros grupos. Já nos terços cervical e apical e na totalidade do canal não houve diferença entre os grupos.

Desde que Buchanan (1994) apresentou o uso de instrumentos endodônticos com variação de conicidades sabe-se, que maiores conicidades permitem maior desgaste de dentina junto à região cervical do canal, devido à maior área de contato do instrumento nessa região. Tal fato, explica o maior desgaste de dentina realizado pela ProTaper Gold em relação a ProTaper Next, nos terços cervical e médio e na totalidade do canal quando comparados os sistemas independente do método utilizado para o *glide path*.

Para o sistema ProTaper Gold o último instrumento utilizado foi o F2, com diâmetro de ponta 0,25 mm e conicidade 0,08 mm/mm, enquanto o sistema ProTaper Next o último instrumento foi o X2 com o mesmo diâmetro de ponta, porém com conicidade 0,06 mm/mm. No terço apical não houve diferença significativa. Vale apontar que o diâmetro de ponta da ProGlider (16/.02) é próximo ao diâmetro da ponta da lima K #15 (15/.02), e a isto credita-se a não existência de diferença para o terço apical.

Os valores para o aumento do volume do canal radicular não foram significativos quando comparado todos os grupos. Mas, quando comparado o método utilizado para o *glide path*, nos grupos onde o pré-alargamento foi realizado com lima K #15, o volume teve um aumento significativo na totalidade do canal, e nas análises individuais nos terços cervical e médio, em relação aos grupos onde foi utilizado o instrumento ProGlider. Pode-se creditar o resultado à necessidade demasiada de pressão apical para instrumentação do canal radicular quando o pré-alargamento foi somente realizado com lima K #15.

A maior ampliação durante o *glide path* com instrumento automatizado diminuiu o atrito dos instrumentos subsequentes na preparação em toda extensão das paredes do canal radicular durante a modelagem (Lopes et al., 1998). É fato que a prévia instrumentação rotatória com o instrumento ProGlider, cuja conicidade é progressiva (2%-8%) confere ao canal um pré-alargamento mais amplo em relação a lima K #15, e isto, favorece o avanço dos demais instrumentos rotatórios (Elnaghy; Elsaka, 2015).

Pode-se supor ainda que o uso de sistemas automatizados para o *glide path* resulta em menor quantidade de movimentos necessários para que os sistemas testados atinjam o comprimento total de trabalho para complementar a modelagem do canal radicular. Isso possivelmente diminuiu também a possibilidade de instrumentação mal direcionada ou realização de desvios, evitando desgastes desnecessários de dentina (Berutti et al., 2009; Elnaghy; Elsaka, 2014).

Relacionado ao aumento do volume do canal, a análise da área de superfície do canal, considerando apenas o método para o *glide path*, mostrou que o aumento da área de superfície do canal foi significativamente maior no terço médio e na totalidade do canal nos grupos em que foi utilizada a lima K #15 no pré-alargamento do canal. Não houve diferenças significativas para os terços cervical e apical. Este resultado também pode estar ligado a necessidade de maior pressão apical com os sistemas testados para preparação do canal quando o *glide path* foi realizado com lima K #15, fato este observado no presente estudo.

Peters et al. (2003), analisando tridimensionalmente canais radiculares usando micro-CT, observaram que os instrumentos rotatórios de níquel-titânio, não prepararam uma quantidade entre 20 e 40% das superfícies internas de canais curvos de molares superiores, achado este, mesmo em canais palatinos, que aparentam ser de modelagem simples (Gao et al., 2009; Peters; Paqué, 2011).

No presente estudo, os instrumentos rotatórios também mostraram limitações em relação à quantidade de dentina que removem ao longo do canal. Na totalidade do canal, nos terços cervical, médio e apical não houve diferença significativa entre os grupos, apresentando resultados de paredes não tocadas também entre 20 e 40%.

No entanto, na comparação da porcentagem de superfícies não tocadas, considerando apenas os dois métodos para realização do *glide path*, houve diferença significativa no terço apical, observando-se maior quantidade de paredes não tocadas para os grupos onde foi utilizada a lima manual K #15 para o pré-alargamento. Este achado também pode ser explicado pelo fato de que nos grupos onde o instrumento ProGlider realizou o *glide path*, uma modelagem volumétrica mais ampla foi observada na região cervical e média do canal após o completo preparo com os sistemas testados. Portanto, o *glide path* com ProGlider favorece o avanço dos instrumentos propiciando uma melhor preparação do terço apical, resultando assim na maior quantidade de parede tocadas.

Relacionando os resultados deste trabalho com a realidade clínica, pode-se pensar em aliar os bons resultados obtidos, quanto ao maior número de paredes tocadas, pelo sistema ProGlider no pré-alargamento do canal radicular, na tentativa de melhorar a eficiência do preparo com os sistemas automatizados na totalidade do canal tocando mais paredes. Entretanto, a alta resolução das imagens, apresentando fidelidade ao objeto real e também, a possibilidade de mensuração de valores exatos nas inúmeras análises possíveis através de softwares, impulsiona a superação de obstáculos e a utilização desta metodologia.

Tendo em vista os resultados obtidos nesta pesquisa, e de acordo com os dados da literatura, o preparo de canais radiculares com curvatura acentuada atualmente não é um árduo desafio ao endodontista desde que esteja habilitado ao uso dos novos sistemas. Os sistemas e técnicas evoluíram de forma a facilitar a preparação do canal radicular, ainda que apresentem demasiada complexidade morfológica.

Nenhum dos sistemas comparados desviou o canal anatômico quando utilizado para modelagem e criação do canal cirúrgico. No entanto, a metodologia para o *glide path* mostrou interferência na quantidade de superfície tocada, pois nos grupos onde foi utilizado ProGlider para o *glide path* a região apical teve maior quantidade de paredes tocadas.

Visto isso, sugere-se estudos continuados para avaliar e comparar diferentes técnicas de *glide path* e/ou instrumentos endodônticos, que possibilitem melhorar a qualidade do preparo destes canais.

7 CONCLUSÕES

Com base na metodologia utilizada pode-se concluir que:

- Não houve interferência do instrumento utilizado no *glide path* no transporte do canal radicular, porém o instrumento ProGlider produziu uma maior quantidade de paredes tocadas na região apical.
- O uso do instrumento k #15 no *glide path* interferiu aumentando significativamente o volume (nos terços cervical e médio) e a área de superfície (terço médio) do canal radicular.

REFERÊNCIAS¹

Aguiar CM, Mendes DA, Camara AC, Figueiredo AP. Assessment of canal walls after biomechanical preparation of root canals instrumented with ProTaper Universal rotary system. J Appl Oral Sci. 2009 Nov-Dec;17(6):590-5.

Ahmetoglu F, Keles A, Simsek N, Ocak MS, Yologlu S. Comparative evaluation of root canal preparations of maxillary first molars with self-adjusting file, reciproc single file, and revo-s rotary file: a micro-computed tomography study. Scanning. 2015 May-Jun;37(3):218-25.

Alves V de O, Bueno CE, Cunha RS, Pinheiro SL, Fontana CE, de Martin AS. Comparison among manual instruments and PathFile and Mtwo rotary instruments to create a glide path in the root canal preparation of curved canals. J Endod. 2012 Jan;38(1):117-20.

Arias A, Singh R, Peters OA. Torque and force induced by ProTaper Universal and ProTaper Next during shaping of large and small root canals in extracted teeth. J Endod. 2014 Jul;40(7):973-6.

Berutti E, Cantatore G, Castellucci A, Chiandussi G, Pera F, Migliaretti G, et al. Use of nickel-titanium rotary PathFile to create the glide path: comparison with manual preflaring in simulated root canals. J Endod. 2009 Mar;35(3):408-12.

Braga LCM, Silva ACF, Buono VTL, Bahia MGA. Impact of heat treatments on the fatigue resistance of different rotary nickel-titanium instruments. J Endod. 2014 Sep;40(9):1494-7.

Bramante CM, Berbert A, Borges RP. A methodology for evaluation of root canal instrumentation. J Endod. 1987 May;13(5):243-5.

Buchanan LS. Cleaning and shaping the root canal system: negotiating canals to the termini. Dent Today. 1994 Apr;13(4):76, 78-81.

Burklein S, Borjes L, Schafer F. Comparison of preparation of curved root canals with Hyflex CM and Revo-S Rotary nickel-titanium instruments. Int Endod J. 2014 May;47(5):470-6.

¹ De acordo com Estilo Vancouver.

Burklein S, Mathey D, Schafer F. Shaping ability of Protaper Next and BT-Race nickel-titanium instruments in severely curved root canals. *Int Endod J*. 2015 Aug;48(8):774-81.

Calberson FLG, Deroose CAJG, Hommez GMG, De Moor RJG. Shaping ability of ProTaper nickel-titanium files in simulated resin root canals. *Int Endod J*. 2004 Sep;37(9):613-23.

Ceyhanli KT, Erdilek N, Tatar I, Cetintav B. Comparative micro-computed tomography evaluation of apical root canal transportation with the use of ProTaper, RaCe and Safesider systems in human teeth. *Aust Endod J*. 2014 Apr;40(1):12-6.

Dhingra A, Neetika B. Glide Path in endodontics. *Endodontology*. 2014 Jun;26(6):217-22.

Duque JA, Vivan RR, Cavenago BC, Amoroso-Silva PA, Bernardes RA, Vasconcelos BC, et al. Influence of NiTi alloy on the root canal shaping capabilities of the ProTaper Universal and ProTaper Gold rotary instrument systems. *J Appl Oral Sci*. 2017 Jan-Feb;25(1):27-33.

Elliott JC, Dover SD. Three-dimensional distribution of mineral in bone at a resolution of 15 micron determined by x-ray microtomography. *Metab Bone Dis Relat Res*. 1984;5(5):219-21.

Elnaghy AM, Elsaka SE. Evaluation of root canal transportation, centering ratio, and remaining dentin thickness associated with ProTaper Next instruments with and without glide path. *J Endod*. 2014 Dec;40(12):2053-6.

Elnaghy AM, Elsaka SE. Evaluation of the mechanical behaviour of PathFile and ProGlider pathfinding nickel-titanium rotary instruments. *Int Endod J*. 2015 Sep;48(9):894-901.

Elnaghy AM, Elsaka SE. Mechanical properties of ProTaper Gold nickel-titanium rotary instruments. *Int Endod J*. 2016 Nov;49(11):1073-78.

Engelke K, Karolczak M, Lutz A, Seibert U, Schaller S, Kalender W. Micro-CT Technology and application for assessing bone structure. *Radiologe*. 1999 Mar;39(3):3203-12.

Estrela C, Bueno MR, Barletta FB, Guedes OA, Porto OC, Estrela CR, et al. Identification of Apical and Cervical Curvature Radius of Human Molars. *Braz Dent J*. 2015 Jul-Aug;26(4):351-6.

Estrela C, Pesce HF, Steffan IW. Proposição de uma técnica de preparo cervical para canais radiculares curvos. *ROBRAC: rev odontol Brasil central*. 1992;2(4):21-5.

Estrela C, Bueno MR, Couto GS, Rabelo LE, Alencar AH, Silva RG, et al. Study of Root Canal Anatomy in Human Permanent Teeth in ASubpopulation of Brazil's Center Region Using Cone-Beam Computed Tomography -Part 1. *Braz Dent J*. 2015 Oct;26(5):530-6. doi: 10.1590/0103-6440201302448.

Ferrara G, Taschieri S, Corbella S, Ceci C, Del Fabbro M, Machtou P. Comparative evaluation of the shaping ability of two different nickel-titanium rotary files in curved root canals of extracted human molar teeth. *J Investig Clin Dent*. 2017 Feb;8(1):e12187.

Franco V, Fabiani C, Taschieri S, Malentacca A, Bortolin M, Del Fabbro M. Investigation on the shaping ability of Nickel-Titanium files when used with a reciprocating motion. *J Endod*. 2011 Oct;37(10):1398-401.

Freire LG, Gavini G, Cunha RS, Santos Md. Assessing apical transportation in curved canals: comparison between cross-sections and micro-computed tomography. *Braz Oral Res*. 2012 May-Jun;26(3):222-7.

Gagliardi J, Versiani MA, de Sousa-Neto MD, Plazas-Garzon A, Basrani B. Evaluation of the shaping characteristics of ProTaper Gold, ProTaper NEXT, and ProTaper Universal in Curved Canals. *J Endod*. 2015 Oct;41(10):1718-24.

Gambill JM, Alder M, DelRio CE. Comparison of nickel-titanium and stainless steel hand – file instrumentation using computed tomography. *J Endod*. 1996 Jul;22(7):369-75.

GaoY, Peters OA, Wu H, Zhou X. An application framework of three-dimensional reconstruction and measurement for endodontic research. *J Endod*. 2009 Feb;35(2):269-74.

Grande NM, Plotino G, Gambarini G, Testarelli L, D'Ambrosio F, Pecci R, et al. Present and future in the use of micro-CT scanner 3D analysis for the study of dental and root canal morphology. *Ann Ist Super Sanita*. 2012;48(1):26-34.

Haïkel Y, Serfaty R, Bateman G, Senger B, Allemann C. Dynamic and cyclic fatigue of engine-driven rotary nickel-titanium endodontic instruments. *J Endod.* 1999 Jun;25(6):434-40.

Hammad M, Qualtrough A, Silikas N. Evaluation of root canal obturation: a three-dimensional in vitro study. *J Endod.* 2009 Apr;35(4):432-40.

Hartmann MS, Barletta FB, Camargo Fontanella V, Vanni JR. Canal transportation after root canal instrumentation: a comparative study using computed tomography. *J Endod.* 2007 Aug;33(8):962-5.

Hülsmann M, Peters OA, Dummer P. Mechanical preparation of root canals: shaping goals, techniques and means. *Endod Topics.* 2005 Mar;10(1):30-76.

Iqbal MK, Firic S, Tulcan J, Karabucak B, Kim S. Comparison of apical transportation between ProFile and ProTaper NiTi rotary instruments. *Int Endod J.* 2004 Jun;37(6):359-64.

Javaheri HH, Javaheri GH. A comparison of three Ni-Ti rotary instruments in apical transportation. *J Endod.* 2007 Mar;33(3):284-6.

Karabucak B, Gatan AJ, Hsiao C, Iqbal MK. A comparison of apical transportation and length control between EndoSequence and Guidance rotary instruments. *J Endod.* 2010 Jan;36(1):123-5.

Kauffman GB, Mayo I. The story of nitinol: the serendipitous discovery of the memory metal and its applications. *Chem Educ.* 1997 Jun;2(2):1-21.

Lopes HP, Elias CN, Estrela C, Siqueira JF Jr. Assessment of the apical transportation of root canals using the method of the curvature radius. *Braz Dent J.* 1998;9(1):39-45.

Lopes HP, Siqueira JF. *Endodontia: biologia e técnica*. 3a ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2013.

Mannocci F, Peru M, Sherriff M, Cook R, Pitt Ford TR. The isthmuses of the mesial root of mandibular molars: a micro-computed tomographic study. *Int Endod J.* 2005 Aug;38(8):558-63.

Metzger Z, Teperovich E, Zary R, Cohen R, Hof R. The self-adjusting file (SAF). Part 1: respecting the root canal anatomy-a new concept of endodontic files and its implementation. *J Endod*. 2010 Apr;36(4):679-90.

Metzger Z, Zary R, Cohen R, Teperovich E, Paqué F. The quality of root canal preparation and root canal obturation in canals treated with rotary versus self-adjusting files: a three-dimensional micro-computed tomographic study. *J Endod*. 2010 Sep;36(9):1569-73.

Nielsen RB, Alyassin AM, Peters DD, Carnes DL, Lancaster J. Microcomputed tomography: an advanced system for detailed endodontic research. *J Endod*. 1995 Nov;21(11):561-8.

Paleker F, van der Vyver PJ. Comparison of Canal Transportation and Centering Ability of K-files, ProGlider File, and G-Files: a micro-computed tomography study of curved root canals. *J Endod*. 2016 Jul;42(7):1105-9.

Paleker F, van der Vyver PJ. Glide path enlargement of mandibular molar canals by using K-files, the ProGlider File, and G-Files: a comparative study of the preparation times. *J Endod*. 2017 Apr;43(4):609-12.

Paqué F, Ganahl D, Peters OA. Effects of root canal preparation on apical geometry assessed by micro-computed tomography. *J Endod*. 2009 Jul;35(7):1056-9.

Pasqualini D, Bianchi CC, Paolino DS, Mancini L, Cemenasco A, Cantatore G, et al. Computed micro-tomographic evaluation of glide path with nickel-titanium rotary PathFile in maxillary first molars Curved Canals. *J Endod*. 2012 Mar;38(3):389-93.

Patel S, Dawood A, Ford TP, Whaites E. The potential applications of cone beam computed tomography in the management of endodontic problems. *Int Endod J*. 2007 Oct;40(10):818-30.

Pereira ESJ, Gomes RO, Leroy AMF, Singh R, Peters OA, Bahia MGA, et al. Mechanical behavior of M-Wire and conventional NiTi wire used to manufacture rotary endodontic instruments. *Dent Mater*. 2013 Dec;29(12):e318-24.

Peters OA, Laib A, Ruegsegger P, Barbakow F. Three-dimensional analysis of root canal geometry using high-resolution computed tomography. *J Dent Res*. 2000 Jun;79(6):1405-9.

Peters OA, Paqué F. Root canal preparation of maxillary molars with the self-adjusting file: a micro-computed tomography study. *J Endod*. 2011 Jan;37(1):53-7. doi: 10.1016/j.joen.2010.08.047. Epub 2010 Oct 8.

Peters OA, Peters CI, Schonenberger BF, Barbakow F. ProTaper rotary root canal preparation: effects of canal anatomy on final shape analysed by micro CT. *Int Endod J*. 2003 Feb;36(2):86-92.

Peters OA, Schönenberger K, Laib A. Effects of four Ni-Ti preparation techniques on root canal geometry assessed by micro computed tomography. *Int Endod J*. 2001 Apr;34(3):221-30.

Plotino G, Grande NM, Testarelli L, Gambarini G. Cyclic fatigue of Reciproc and WaveOne reciprocating instruments. *Int Endod J*. 2012 Jul;45(7):614-8.

Pruett JP, Clement DJ, Carnes DL Jr. Cyclic fatigue testing of nickel-titanium endodontic instruments. *J Endod*. 1997 Feb;23(2):77-85.

Rhodes JS, Ford TR, Lynch JA, Liepins PJ, Curtis RV. Micro-computed tomography: a new tool for experimental endodontology. *Int Endod J*. 1999 May;32(3):165-70.

Saber SE, Nagy MM, Schafer E. Comparative evaluation of the shaping ability of WaveOne, Reciproc and Oneshape single-files systems in severely curved root canals of extracted teeth. *Int Endod J*. 2015 Jan;48(1):109-14.

Scarfe WC, Levin MD, Gane D, Farman AG. Use of cone beam computed tomography in endodontics. *Int J Dent*. 2009;2009:634567. doi: 10.1155/2009/634567.

Schäfer E, Diez C, Hoppe W, Tepel J. Roentgenographic investigation of frequency and degree of canal curvatures in human permanent teeth. *J Endod*. 2002 Mar;28(3):211-6.

Schirrmeister JF, Strohl C, Altenburger MJ, Wrbas KT, Hellwig E. Shaping ability and safety of five different rotary nickel-titanium instruments compared with stainless steel hand instrumentation in simulated curved root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2006 Jun;101(6):807-13.

Schneider SW. A Comparison of canal preparations in straight and curved root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1971 Aug;32(2):271-5.

Shen Y, Zhou HM, Zheng YF, Campbell L, Peng B, Haapasalo M. Metallurgical characterization of controlled memory wire nickel-titanium rotary instruments. *J Endod.* 2011 Nov;37(11):1566-71.

Shibuya E, Matsubayashi T, Shida T. Experimental study for the accuracy micro-CT apparatus. *Shikwa Gakuho.* 2000;100(12):1221-6.

Silva EJ, Muniz BL, Pires F, Belladonna FG, Neves AA, Souza EM, et al. Comparison of canal transportation in simulated curved canals prepared with ProTaper Universal and ProTaper Gold systems. *Restor Dent Endod.* 2016 Feb;41(1):1-5.

Silva KT, Grazziotin-Soares R, Limongi O, Irala LE, Salles AA. Wear promoted in the apical third of simulated canals after instrumentation with ProTaper universal system. *J Appl Oral Sci.* 2009 Sep-Oct;17(5):501-7.

Siqueira JF Jr, Alves FRF, Versiani MA, Rôças IN, Almeida BM, Neves MA, et al. Correlative bacteriologic and micro-computed tomographic analysis of mandibular molar mesial canals prepared by self- adjusting file, reciproc, and twisted file systems. *J Endod.* 2013 Aug;39(8):1044-50.

Tachibana H, Matsumoto K. Applicability of X-ray computerized tomography in endodontics. *Endod Dent Traumatol.* 1990 Feb;6(1):16-20.

Vallaes K, Chevalier V, Arbab-Chirani R. Comparative analysis of canal transportation and centring ability of three Ni-Ti rotary endodontic systems: Protaper®, MTwo® and Revo-S™, assessed by micro-computed tomography. *Odontology.* 2016 Jan;104(1):83-8.

Verma P, Love RM. A Micro CT study of the mesiobuccal root canal morphology of the maxillary first molar tooth. *Int Endod J.* 2011 Mar;44(3):210-7.

Versiani MA, Leoni GB, Steier L. Micro-computed tomography study of oval-shaped canals prepared with Self-adjusting File, Reciproc, WaveOne, and ProTaper Universal systems. *J Endod.* 2013 Aug;39(8):1960-6.

Walia H, Brantley WA, Gerstein H. An initial investigation of the bending and torsional properties of nitinol root canal files. *J Endod.* 1988 Jul;14(7):346-51.

Walton RE, Torabinejad M. Princípios e práticas em Endodontia. 2ª ed. São Paulo: Santos; 1997.

Wiseman A, Cox TC, Paranjpe A, Flake NM, Cohenca N, Johnson JD. Efficacy of sonic and ultrasonic activation for removal of calcium hydroxide from mesial canals of mandibular molars: a microtomographic study. *J Endod*. 2011 Feb;37(2):235-8.

Wu H, Peng C, Bai Y. Shaping ability of ProTaper Universal, WaveOne and ProTaper Next in simulated L-shaped and S-shaped root canals. *BMC Oral Health*. 2015 Mar;15:27.

Ye J, Gao Y. Metallurgical characterization of M-Wire nickel-titanium shape memory alloy used for endodontic rotary instruments during low-cycle fatigue. *J Endod*. 2012 Jan;38(1):105-7.

Yoshimine Y, Ono M, Akamine A. The shaping effects of three nickel- titanium rotary instruments in simulated S-shaped canals. *J Endod*. 2005 May;31(5):373-5.

You SY, Kim HC, Bae KS, Baek SH, Kum KY, Lee W. Shaping ability of reciprocating motion in curved root canals: a comparative study with micro-computed tomography. *J Endod*. 2011 Sep;37(9):1296-300. Epub 2011 Jul 16.

Zanesco C, Só MV, Schmidt S, Fontanella VR, Grazziotin-Soares R, Barletta FB. Apical transportation, centering ratio, and volume increase after manual, rotary, and reciprocating instrumentation in curved root canals: analysis by micro-computed tomographic and digital subtraction radiography. *J Endod*. 2017 Mar;43(3):486-90.

Zhao D, Shen Y, Peng B. Root canal preparation of mandibular molares with 3 nickel-titanium Rotary instruments: a micro-computed tomographic study. *J Endod*. 2014 Nov;40(11):1860-4.

Zhou HM, Peng B, Zheng YF. An overview of the mechanical properties of nnickel-titanium endodontic instruments. *Endod. Topics* 2013 Sep;29(9):42-54.

APÊNDICE A – Programa ImageJ utilizado para a mensuração da angulação das raízes

APÊNDICE B – Valores para angulação da curvatura dos espécimes

Número do dente	Ângulo (graus)
1	59°
2	53°
3	65°
4	51°
5	40°
6	60°
7	60°
8	65°
9	51°
10	59°
11	42°
12	68°
13	48°
14	54°
15	68°
16	42°
17	55°
18	53°
19	49°
20	53°
21	60°
22	65°
23	47°
24	47°

APÊNDICE C – Dentes utilizados no estudo. Face vestibular em azul dos dentes em que o glide path foi realizado com instrumento ProGlider e dentes com a face vestibular em vermelho dos dentes pré-alargados com lima K #15

APÊNDICE D - Gráfico com média do Transporte (em mm) após o preparo do canal radicular com os sistemas testados

ANEXO A - Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa

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

Título da Pesquisa: Avaliação da centralização do preparo do canal radicular através da microtomografia e ensaio de resistência à fadiga cíclica de sistemas rotatórios

Pesquisador: BRENO NAPPI VENTURA

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 60535916.8.0000.0075

Instituição Proponente: Universidade de São Paulo

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.860.984

Apresentação do Projeto:

O conceito do preparo do canal radicular ideal relaciona-se ao adequado processo de sanificação, que em conjunto com a modelagem alcançada resulta em condições específicas para a obturação dos sistemas de canais radiculares. Entendendo a importância de se estabelecer um formato interno posterior a modelagem do canal radicular que assegure a obturação com um perfeito selamento do canal, a literatura apresenta diferentes investigações que analisam técnicas de instrumentação e propriedades dos instrumentos endodônticos. Frente a aplicação de todos os recursos para se preparar os canais radiculares, constata-se diferentes metodologias de estudo para se avaliar a qualidade final da modelagem. Entre as metodologias destacam-se o emprego de canais artificiais, moldagem de canais radiculares, cortes histológicos, métodos radiográficos, tomografia computadorizada de feixe cônico e a mais recente a técnica de microtomografia computadorizada (micro-CT). A avaliação e comparação destes sistemas são necessárias para mensurar suas propriedades e

características, bem como permitir otimizar a prática clínica. Como o comportamento dos instrumentos e técnicas é variado em função de suas características, bem como das variações anatômicas dos canais preparados, o presente trabalho visa avaliar a modelagem de canais mesiais de molares inferiores com dois sistemas endodônticos rotatórios Protaper Next e Protaper Gold

Endereço: Av Prof Lineu Prestes 2227

Bairro: Cidade Universitária

CEP: 05.508-900

UF: SP

Município: SÃO PAULO

Telefone: (11)3091-7960

Fax: (11)3091-7814

E-mail: cepfo@usp.br

FACULDADE DE
ODONTOLOGIA DA
UNIVERSIDADE DE SÃO

Continuação do Parecer: 1.860.984

analisando o transporte ou a manutenção

da curvatura original do canal radicular por meio da microtomografia computadorizada e avaliar a resistência à fadiga cíclica flexural destes instrumentos rotatórios em dispositivo com ensaio dinâmico. Nesta pesquisa serão utilizados 18 dentes solicitados ao banco de dentes da Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo, com ápice completamente formado, câmara pulpar intacta, ausência de tratamento endodôntico prévio, calcificações, reabsorção interna ou externa e dilacerações na raiz, e serão selecionados somente canais que apresentem curvatura superior a 40 graus.

Objetivo da Pesquisa:

O objetivo do presente estudo é o de comparar a capacidade de modelagem do sistema endodôntico rotatório ProTaper Gold em relação ao ProTaper Next com ou sem a criação de um caminho dedeslizamento com sistema ProGlider, analisando o transporte ou a manutenção da curvatura original do canal por meio da microtomografia computadorizada em canais mesiais de molares inferiores. Outro objetivo do estudo é avaliar a resistência à fadiga cíclica flexural de instrumentos ProTaper Gold F2 e ProTaper Universal F2 utilizados em rotação em dispositivo com ensaio dinâmico.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Os riscos são mínimos por tratar-se de um estudo experimental utilizando dentes do Banco de Dentes da Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo. No presente estudo, apesar de não haver benefício direto ao participante da pesquisa, o mesmo poderá contribuir para melhoria para área do conhecimento, bem como possibilitar a otimização da prática clínica.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Com a microtomografia computadorizada é possível distinguir espaços e estruturas dentais, além de realizar avaliações quantitativas e qualitativas da modelagem do canal radicular com alta precisão. Até o momento, poucos estudos foram realizados sobre novos sistemas recentemente lançados com esta metodologia. A avaliação e comparação destes sistemas serão úteis para mensurar suas propriedades e características na prática clínica. A pesquisa visa o estudo de materiais e equipamentos atuais, o aperfeiçoamento da

Endereço: Av Prof Lineu Prestes 2227

Bairro: Cidade Universitária

CEP: 05.508-900

UF: SP

Município: SAO PAULO

Telefone: (11)3091-7960

Fax: (11)3091-7814

E-mail: cepfo@usp.br

FACULDADE DE ODONTOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE SÃO

Continuação do Parecer: 1.860.984

técnica

no tratamento endodôntico e a possibilidade de otimizar a prática desta especialidade.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Os termos obrigatórios foram apresentados - Informações Básicas do Projeto; Projeto Detalhado;

Declaração do Biobanco de dentes da FOUSP; Folha de Rosto; Dispensa o TCLE pois o estudo é realizado em dentes extraídos e solicitados no banco de dentes da Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo.

Recomendações:

Tendo em vista a legislação vigente, devem ser encaminhados ao CEP-FOUSP relatórios parciais anuais referentes ao andamento da pesquisa e relatório final, utilizando-se da opção "Enviar Notificação" (descrita no Manual "Submeter Notificação", disponível na Central de Suporte - canto superior direito do site www.saude.gov.br/plataformabrasil).

Qualquer alteração no projeto original deve ser apresentada "emenda" a este CEP, de forma objetiva e com justificativas para nova apreciação.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Não há pendências.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_789498.pdf	21/11/2016 15:21:16		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	projeto_master_V5.docx	27/09/2016 19:21:57	BRENO NAPPI VENTURA	Aceito
Declaração de Manuseio Material Biológico / Biorepositório / Biobanco	pedidobancodeentes.pdf	27/09/2016 19:18:06	BRENO NAPPI VENTURA	Aceito
Folha de Rosto	folhaderosto.pdf	27/09/2016 19:16:16	BRENO NAPPI VENTURA	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Endereço: Av Prof Lineu Prestes 2227

Bairro: Cidade Universitária

CEP: 05.508-900

UF: SP

Município: SÃO PAULO

Telefone: (11)3091-7960

Fax: (11)3091-7814

E-mail: cepfo@usp.br

FACULDADE DE
ODONTOLOGIA DA
UNIVERSIDADE DE SÃO

Continuação do Parecer: 1.860.984

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

SAO PAULO, 12 de Dezembro de 2016

Assinado por:

Maria Gabriela Haye Biazevic
(Coordenador)

Endereço: Av Prof Lineu Prestes 2227

Bairro: Cidade Universitária

CEP: 05.508-900

UF: SP

Município: SAO PAULO

Telefone: (11)3091-7980

Fax: (11)3091-7814

E-mail: cepfo@usp.br

ANEXO B - Parâmetros de Aquisição das Projeções dos Espécimes

[Acquisition]

Data directory=D:\GENÉTICA\BRENO\1POS

Filename Prefix=1POS

Filename Index Length=4

Number of Files= 395

Source Voltage (kV)= 63

Source Current (uA)= 301

Number of Rows= 1336

Number of Columns= 2000

Image crop origin X= 0

Image crop origin Y=0

Camera binning=2x2

Image Rotation=-0.3630

Gantry direction=CC

Number of connected scans=1

Image Pixel Size (um)= 17.42

Object to Source (mm)=119.890

Camera to Source (mm)=170.180

System Matrix Calibration=NO

Vertical Object Position (mm)=8.925

Optical Axis (line)= 670

Filter=Cu + Al

Image Format=TIFF

Data Offset (bytes)= 264

Horizontal overlap (pixel)=64

Camera horizontal position=Center

Depth (bits)=16

Visual Camera=OFF

Synchronised Scan=OFF

Delay for external event (ms)=(5)

List mode=OFF (2)

Screen LUT=0

Exposure (ms)= 410

Rotation Step (deg)=0.500

Frame Averaging=ON (3)

Use 360 Rotation=NO

Geometrical Correction=ON

Camera Offset=OFF

Scanning Start Angle=0.088

Median Filtering=ON

Flat Field Correction=ON

Rotation Direction=CC

Scanning Trajectory=ROUND

User Name=

User Rights=full access

Type Of Motion=STEP AND SHOOT

Source Temperature=29.58 °C

Study Date and Time=Oct 20, 2016 10:09:02

Scan duration=00:16:25

ANEXO C - Parâmetros de reconstrução dos Espécimes

[Reconstruction]

Reconstruction Program=NRecon

Program Version=Version: 1.6.6.0

Program Home Directory=C:\SkyScan1176

Reconstruction engine=NReconServer

Engine version=Version: 1.6.6

Reconstruction from batch=Yes

Reconstruction servers= 1176cluster04 1176cluster02 1176cluster01 1176cluster03

Option for additional F4F float format=OFF

Reconstruction mode=Standard

Dataset Origin=SkyScan1176

Dataset Prefix=1POS~00

Dataset Directory=D:\GENÉTICA\BRENO\1POS

Output Directory=D:\GENÉTICA\BRENO\1POS\1POS_Rec

Time and Date=Oct 20, 2016 14:57:08

First Section=281

Last Section=1239

Reconstruction duration per slice (seconds)=0.246090

Total reconstruction time (959 slices) in seconds=236.000000

Postalignment=0.50

Section to Section Step=1

Sections Count=959

Result File Type=BMP

Result File Header Length (bytes)=1134

Result Image Width (pixels)=2000

Result Image Height (pixels)=2000

Pixel Size (um)=17.42100

Reconstruction Angular Range (deg)=197.50

Use 180+=OFF

Angular Step (deg)=0.5000

Smoothing=2

Smoothing kernel=2 (Gaussian)

Ring Artifact Correction=3

Draw Scales=OFF

Object Bigger than FOV=OFF

Reconstruction from ROI=OFF

Filter cutoff relative to Nyquist frequency=100

Filter type=0

Filter type meaning(1)=0: Hamming (Ramp in case of optical scanner); 1: Hann; 2: Ramp; 3: Almost Ramp;

Filter type meaning(2)=11: Cosine; 12: Shepp-Logan; [100,200]: Generalized Hamming, $\alpha = (iFilter - 100)/100$

Undersampling factor=1

Threshold for defect pixel mask (%)=0

Beam Hardening Correction (%)=30

CS Static Rotation (deg)=0.00

Minimum for CS to Image Conversion=0.000000

Maximum for CS to Image Conversion=0.057352

HU Calibration=OFF

BMP LUT=0

Cone-beam Angle Horiz.(deg)=16.535358

Cone-beam Angle Vert.(deg)=11.088192

[File name convention]

Filename Index Length=4

Filename Prefix=1POS_rec

[Co-registration]

Reference image volume=E:\PRE\1\1_Rec\1_rec0124.bmp

Rigid transformation parameters=-5733.288765, -4560.063839, -2208.629847, 178.902649, 32.102383, 2.536130, 1.000000, 1.000000, 1.000000

Target image flip in X=0

Target image flip in Y=0

ANEXO D - Lista de tarefas utilizada para aquisição do centróide

Name	Description	Status
Reload	Reload images or ROI.	
Thresholding	Segment the foreground from backgro...	
2D analysis	Calculate 2D parameters of binary ima...	
Despeckle	Remove speckles from images.	

ANEXO E - Lista de tarefas utilizada para segmentar a dentina do canal

Plug-Ins

Collection Task list Internal External Output/Report		
Alias: <input type="text"/>		
Name	Description	Status
Reload	Reload images or ROI.
Thresholding	Segment the foreground from backgro...
Bitwise operations	Operations based on binary arithmetic.
3D analysis	Calculate 3D parameters of binary ima...
3D model	Create 3D surface from binary images.
Despeckle	Remove speckles from images.
Bitwise operations	Operations based on binary arithmetic.
3D model	Create 3D surface from binary images.
3D analysis	Calculate 3D parameters of binary ima...
Save bitmaps	Save images to new folder.	

ANEXO F - Lista de tarefas utilizada para segmentar a paredes do canal não tocadas

Plug-Ins

Collection Task list Internal External Output/Report		
Alias: <input type="text"/>		
Name	Description	Status
Reload	Reload images or ROI.
Thresholding	Segment the foreground from backgro...
Bitwise operations	Operations based on binary arithmetic.
Morphological operations	Morphology-based operations.
Bitwise operations	Operations based on binary arithmetic.
Bitwise operations	Operations based on binary arithmetic.
3D model	Create 3D surface from binary images.
3D analysis	Calculate 3D parameters of binary ima...	