



UNESP – Universidade Estadual Paulista

“Júlio Mesquita Filho”

Faculdade de Odontologia de Araraquara



Camila Almeida Nascimento Mendes

**Efeito do preparo rotatório e recíprocante no canal e dentina radicular e na
qualidade da obturação, usando cimentos a base de silicato de cálcio**

Araraquara

2017



UNESP – Universidade Estadual Paulista

“Júlio Mesquita Filho”

Faculdade de Odontologia de Araraquara



Camila Almeida Nascimento Mendes

**Efeito do preparo rotatório e recíprocante no canal e dentina radicular e na
qualidade da obturação, usando cimentos a base de silicato de cálcio**

Tese apresentada à Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Odontologia de Araraquara, para obtenção do título de Doutor em Odontologia, na área de Endodontia

Orientador: Prof^a. Dra. Juliane Maria Guerreiro Tanomaru

Araraquara

2017

Mendes, Camila Almeida Nascimento

Efeito do preparo rotatório e recíprocante no canal e dentina radicular e na qualidade da obturação, usando cimentos a base de silicato de cálcio / Camila Almeida Nascimento Mendes.-- Araraquara: [s.n.], 2017

133 f. ; 30 cm.

Tese (Doutorado em Endodontia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Odontologia

Orientadora: Profa. Dra. Juliane Maria Guerreiro Tanomaru

1. Cimento de Silicato 2. Microtomografia por Raio-X 3. Preparo de canal radicular 4. Obturação do canal radicular I. Título

Camila Almeida Nascimento Mendes

**Efeito do preparo rotatório e recíprocante no canal e dentina radicular e na qualidade da
obturação, usando cimentos a base de silicato de cálcio**

Comissão julgadora

Tese para a obtenção do grau de doutor em Odontologia

Presidente e orientador: Prof^a Dra. Juliane Maria Guerreiro Tanomaru

2º Examinador: Prof. Dr. Rodrigo Ricci Vivan

3º Examinador: Prof. Dr. Fuad Jacob Abi Rached Júnior

4º Examinador: Prof. Dr. Idomeu Bonetti Filho

5º Examinador: Prof. Dr. Joni Augusto Cirelli

Araraquara, 13 de março de 2017

DADOS CURRICULARES

CAMILA ALMEIDA NASCIMENTO MENDES

NASCIMENTO	12/05/1986 – Votuporanga, SP – Brasil
FILIAÇÃO	Carlos Rosa do Nascimento e Natalina Alves Almeida do Nascimento
2005 – 2009	Graduação em Odontologia nas Faculdades Integradas de Santa fé do Sul (FUNEC), Santa Fé do Sul, SP – Brasil.
2009	Bacharel em Odontologia (FUNEC), Santa Fé do Sul, SP – Brasil
2010	Título de Cirurgiã-Dentista – CRO-SP.
2010 - 2011	Programa de Aperfeiçoamento em Endodontia na Faculdade de Odontologia de Araraquara, Universidade Estadual Paulista – UNESP.
2010 - 2011	Extensão em Endodontia na Fundação Araraquarense de Ensino e Pesquisa em Odontologia (FAEPO), Araraquara, SP - Brasil.
2010 - 2011	Pós-graduação em Odontologia – Área de Endodontia, nível de Mestrado (aluna especial), na Faculdade de Odontologia de Araraquara, Universidade Estadual Paulista – UNESP.
2011 - 2013	Pós-graduação em Odontologia – Área de Endodontia, nível de Mestrado, na Faculdade de Odontologia de Araraquara, Universidade Estadual Paulista – UNESP.
2013 - 2017	Pós-graduação em Odontologia – Área de Endodontia, nível de Doutorado, na Faculdade de Odontologia de Araraquara, Universidade Estadual Paulista – UNESP.
ASSOCIAÇÕES	SBPqO - Sociedade Brasileira de Pesquisa em Odontologia SBendo - Sociedade Brasileira de Endodontia

Os meus agradecimentos especiais...

A **Deus**, pelas inúmeras graças e pela sua infinita misericórdia, a quem devo
minha vida e tudo o que eu sou.

A **Maria, Nossa Senhora e Mãe**, pela sua intercessão e benção, por estar
sempre comigo em todos os momentos e guiando minhas decisões.

Ao meu marido, **Rafael Carlos Mendes**, por estar sempre comigo,
pela sua especial companhia, pela força que me proporciona a não desistir e que me
motiva a seguir sempre em frente.

*“Muita obrigada pela sua paciência, meu amor. Sem seu apoio seria muito mais difícil
a conclusão desta etapa. Eu te amo muito!”*

Aos meus amados pais, **Carlos Rosa do Nascimento e Natalina Alves Almeida do
Nascimento** pelo seu amor, carinho e apoio, por não deixar que desista dos meus
sonhos, sempre confiando que eu daria conta,
“Que Deus os abençoe e os guarde sempre. Amo vocês!”

Ao meu querido irmão, **Carlos Eduardo Almeida do Nascimento**, que mesmo de longe,
sempre esteve torcendo e se orgulhando de mim durante todos estes anos.
*“Eu também sinto muito orgulho de você pelo grande homem que se tornou, esforçado,
responsável e muito dedicado pela sua linda família. Amo você, Ne.”*

À minha cunhada, **Luana Maira Fernandes Nascimento**, por fazer parte da nossa
família e ser uma mãe tão dedicada e amorosa com a nossa princesa.

À minha cunhada **Sandra Marcella Mendes**, pelos longos anos de amizade e por
acompanhar de perto toda essa etapa da minha vida.
*“Muito obrigada pela confiança em permitir que nós apadrinhássemos a nossa
boneca!”*

Aos meus cunhados **Alexandro Renato Mendes e Celiana Cristina Tessaro** pelo

carinho e confiança, por compartilhar suas vidas com nós de forma tão agradável,
tornando os momentos em família muito mais divertidos.

“Que Deus os abençoe muito. Persistam nesse caminho, Jesus é a nossa Salvação!”

À nossas lindas sobrinhas **Laura Fernandes Nascimento** e **Mary Ellen Mendes Gonçalves**, a tia Camila ama vocês como se fossem minhas filhas. Agradeço ao Senhor
pela suas vidas e peço proteção contra todos os males.

*“Muito obrigada minhas gatinhas. Um simples sorriso de vocês consegue me fazer
esquecer de todos os problemas.”*

Aos meus sogros **Erotides Ferreira Mendes** e **Maria Suerli Piloni**, pela constante
torcida e confiança em todos os momentos. Muito obrigada pelo apoio.

AGRADECIMENTOS

À *Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP)*, na pessoa de seu Magnífico Reitor Prof. Dr. Julio Cezar Durigan.

À *Faculdade de Odontologia de Araraquara – UNESP*, na pessoa da sua Diretora Prof^a. Dra. Elaine Maria Sgavioli Massucato e vice-diretor Prof. Dr. Edson Alves Campos.

Ao *Departamento de Odontologia Restauradora* da Faculdade de Odontologia de Araraquara – UNESP, representado pela Chefe de Departamento Profa. Dra. Juliane M. Guerreiro Tanomaru e vice-chefe Prof. Milton Carlos Kuga

Ao *Programa de Pós-Graduação em Odontologia – Área de Endodontia*, coordenado pelo Prof. Dr. Carlos Rossa Junior.

À *Profa. Dra. Juliane Maria Guerreiro Tanomaru*, orientadora do Mestrado e Doutorado. Obrigada pelo apoio desde o mestrado e pela sua dedicação com a pesquisa, sendo um espelho a ser seguido. Os seus ensinamentos foram muitos valiosos para mim. Minha eterna gratidão, admiração e respeito.

Ao *Prof. Dr. Mário Tanomaru Filho*, quem me deu a oportunidade de ingressar na faculdade pública no ano de 2010, me auxiliou nos atendimentos com os pacientes com toda a sua calma, responsabilidade e competência. Me fez conhecer a pesquisa e amá-la. Muito obrigada pela paciência, pelos seus conselhos e ensinamentos, sempre com palavras de ânimo. Sua participação no meu desenvolvimento pessoal e profissional foi fundamental. Obrigada pela confiança dada a mim para a execução deste projeto de pesquisa.

À *Profa. Dra. Gisele Faria*, muito obrigada pela sua amizade, carinho, apoio e colaboração neste trabalho. Agradeço seus ensinamentos, conselhos e os momentos de descontração compartilhados.

Aos ***docentes do Departamento de Odontologia Restauradora*** da Faculdade de Odontologia de Araraquara, em especial aos professores da disciplina de Endodontia, ***Prof. Dr. Idomeo Bonetti Filho, Prof. Dr. Renato de Toledo Leonardo, Dr. Fábio Luiz Camargo Vilella Berbert e Prof. Dr. Milton Carlos Kuga,*** pela convivência e pelo carinho.

Obrigada pelo apoio e pelos conhecimentos dados durante todos estes anos de curso. Todo esse tempo com vocês foram muito valiosos para minha formação profissional e pessoal.

Aos ***funcionários do Departamento de Odontologia Restauradora*** desta Faculdade, Creusa, Dona Cida, Marinho, Vanderlei, Priscila, Alessandra (*in memoriam*) e Maria Ap. “Cida”. Muito obrigada pela amizade, permanecerão para sempre no meu coração.

Aos ***funcionários da Seção de Pós-Graduação***, Mara, Alexandre e Cristiano, pela ajuda, paciência e simpatia. Obrigada por ficarem sempre à disposição.

Aos ***funcionários da Biblioteca***, Ceres, Marley, Adriano, Inês, Cristina, Silvia, Eliane e Disleide, pelo auxílio nas pesquisas bibliográficas e na documentação.

Às ***funcionárias da Seção de Comitê de Ética, CEP e CEUA***, Viviane e Fernanda, pela ajuda proporcionada durante este período.

Aos ***funcionários desta Faculdade*** por sempre estarem cuidando de tudo com muito carinho, sempre nos recebendo com sorriso no rosto

Aos ***colegas de Pós-Graduação***, Ariele P. Rabello, Alana Aguiar, Natalia Kalatzis, Bernardo Costa, Carolina Venção, Miriam Magro, Lauriê Garcia, Carolina Andolfatto, Leticia Mestieri, Ana Livia G. Cornélio, Elisandra Rodrigues, Tiago Fonseca, Keli Victorino, Juliana Saraiva, Kennia Scapin Viola, Gabriela Castro, Katia Keine, Rodrigo Vasconcelos, Fernanda Ferrari, Larissa Torres, Aline Andrade, Derik Barbosa, Roberto Hoshino, Thalita Boldieri, pela convivência, amizade e

companheirismo. Muito obrigada por serem mais que colegas,
Eu amo muito vocês, permanecerão no meu coração para sempre.

Um agradecimento especial para minhas amigas ***Camila Galletti Espir, Gisselle Moraima Chávez Andrade, Raqueli Viapiana e Roberta Bosso***. Vocês foram fundamentais durante todos estes anos da minha estadia em Araraquara. Me ajudaram muito com os atendimentos aos pacientes, durante a pesquisa e nos momentos de dificuldades da vida pessoal. Muito obrigada por tudo. Que Deus abençoe muito vocês!
“Tenho certeza que ouvirei falar muito bem dessas doutoras ainda...”

Uma especial homenagem ao Pós-graduando
Adinael Trindade Junior (*in memoriam*), foi um enorme prazer ter
conhecido você e espero que como
um anjinho, continue intercedendo por nós.

A **CNPq** (Processo 141601/2013) pela concessão da bolsa de estudo
e taxa de bancada, as quais foram fundamentais para a realização deste projeto.

A todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização
deste trabalho, os mais sinceros agradecimentos.

Por isso não tema, pois estou com você;

não tenha medo, pois sou o seu Deus.

Eu o fortalecerei e o ajudarei;

eu o segurarei

com minha mão direita vitoriosa.

(Isaiás 41:10)

Mendes CAN. Efeito do preparo rotatório e recíprocante no canal e dentina radicular e na qualidade da obturação, usando cimentos a base de silicato de cálcio [Tese de Doutorado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2017.

RESUMO

Os instrumentos de níquel-titânio usados durante o preparo dos canais radiculares podem sofrer diferentes processos de tratamento na liga durante a fabricação. Sistemas de instrumentação mecanizada apresentam formatos individuais dos instrumentos, sendo sugeridas diversas cinemáticas de atuação durante a ação de corte da dentina. Os sistemas de único instrumento usados em cinemática recíprocante e novos instrumentos com tratamento térmico das ligas devem ser estudados quanto ao efeito sobre o preparo do canal e dentina radicular. A anatomia do canal, as técnicas obturadoras e o emprego de diferentes materiais podem influenciar na qualidade da obturação. O objetivo do estudo foi avaliar o preparo de canais achatados de incisivos inferiores e canais mesiais de molares inferiores com instrumento rotatório e/ou recíprocante, bem como a qualidade da obturação usando diferentes técnicas ou cimento de silicato de cálcio. Noventa incisivos inferiores apresentando canais achatados foram preparados com sistema Mtwo em rotação contínua (Mtwo rot) até 40/.06; Mtwo 40/.06 instrumento único em cinemática recíprocante horária (Mtwo rec) e Reciproc (R40) (n=30). Os dentes foram escaneados por microtomografia computadorizada (Micro-CT) antes e após o preparo. Os dados foram expressos em porcentagem do aumento de volume do canal (%V), redução da espessura de dentina (%DTR), área de superfície não instrumentada (%S) e debris remanescente (%D). O tempo necessário para o preparo foi anotado. Canais mesiais de 54 molares inferiores com curvatura moderada (10 a 20°) com Reciproc R25 (VDW, Munique, Alemanha) ou instrumentos de níquel-titânio (NiTi) com tratamento térmico ProDesign S, usando o sistema ProDesign Duo Híbrido (PDH, Easy, Belo Horizonte, Brasil) (n=27). As raízes foram escaneadas antes e após o preparo em micro-CT e as imagens analisadas quanto ao percentual de aumento de volume (%ΔV), percentual de superfície não preparada (%S), percentual de debris remanescente (%D), transporte e centralização do canal. Quarenta e oito incisivos inferiores com canais achatados foram preparados com sistema rotatório Mtwo até instrumento 40/.06 (Mtwo rot) ou Reciproc R40 (R40) foram obturados com AH Plus (AHP, n=12) ou Neo MTA Plus (NP n=12)]

pela técnica de condensação lateral ativa. Os dentes foram escaneados em micro-CT antes e após obturação. O volume de material obturador e de falhas foi avaliado na extensão total e por terços radiculares nas imagens microtomográficas. Todas as amostras foram seccionadas a 2, 4, 6, 8 e 10 mm do ápice radicular para a avaliação da área do preparo, material obturador e falhas na obturação, que foram transformados em percentual. Vinte molares inferiores com canais mesiais com curvatura moderada (10 a 20°), preparados com a Reciproc (R25). As amostras foram obturadas pelas técnicas de cone único (n=10) ou condensação lateral ativa (n=10). As raízes foram escaneadas em micro-CT após o preparo e após obturação. O volume do canal e material obturador na extensão total do canal e por terços radiculares foi analisado, sendo calculado o percentual do volume de material obturador e de falhas na obturação. Todas as amostras foram seccionadas a 2, 4, 6 e 8 mm do ápice radicular para a avaliação por microscopia da área do preparo, material obturador e falhas na obturação, que foram transformados em percentual. Vinte molares inferiores com curvatura moderada (10 a 20°), preparados com instrumentos de NiTi com tratamento térmico ProDesign S, usando o Sistema ProDesign Duo Híbrido (25/.08). Os canais foram obturados pela condensação lateral ativa de guta percha associada aos cimentos Total Fill BC Sealer (n=10) ou AH Plus (n=10). Os dentes foram escaneados em micro-CT após o preparo e obturação e as imagens analisadas quanto ao volume do canal e material obturador na extensão total e por terços radiculares. Área do preparo, de material obturador e de falhas foram analisados em cortes radiculares transversais a 2, 4, 6 e 8 mm do ápice radicular. A análise estatística foi realizada com nível de significância de 5%. Os canais achatados dos incisivos inferiores apresentaram volume inicial semelhante. Mtwo rot e Mtwo rec promoveram maior %V ($P < 0.05$). Mtwo rec e R40 apresentaram similar %V no terço apical ($P > 0.05$). R40 mostrou menor %DTR no terço cervical ($P < 0.05$). Mtwo rec apresentou maior %S na extensão total do canal e no terço médio, bem como maior %D ($P < 0.05$). O tempo de preparo foi menor com R40 e maior com Mtwo rot ($P < 0.05$). A obturação dos canais achatados de incisivos inferiores mostrou que AHP proporcionou maior preenchimento que NP nos terços médio e apical após preparo Mtwo ($P < 0.05$). O preparo com Mtwo proporcionou menos falhas no terço apical com ambos os cimentos ($P < 0.05$). Não houve diferença quanto ao percentual de guta-percha, cimento e falhas na obturação quando os cimentos AHP ou NP foram usados ($P > 0.05$). A avaliação dos canais mesiais de molares inferiores mostrou volume inicial semelhante entre todas as amostras selecionadas ($p > 0.05$). PDH promoveu maior % Δ V no terço médio ($P < 0.05$). R25 e PDH apresentaram similar %S e %D ($P > 0.05$). %S foi

maior nos terços médio e apical, sem diferença entre os terços cervical e médio ($P>0,05$). Maior remanescente de debris ocorreu no terço médio e apical para ambos preparos ($p>0,05$). Transportes nos terços cervical e médio foram observados na zona de risco (superfície distal radicular), porém o terço apical foi desviado para face oposta à curvatura (mesial) com os dois sistemas avaliados. R25 apresentou mais transporte apical que PDH ($p<0.05$). PDH promoveu maior centralização no terço apical que R25 ($p<0.05$). A análise volumétrica da obturação dos canais mesiais preparados com R25 mostrou que a condensação lateral ativa promoveu menor percentual de volume de falhas e maior área de cimento no terço cervical, com diferença significativa quando comparada a técnica de cone único ($p<0.05$). O percentual de falhas na obturação foi semelhante entre as técnicas de obturação avaliadas na extensão total, terços médio e apical radiculares ($p>0.05$). A análise da obturação dos canais mesiais preparados com PDH mostrou percentuais de volume de falhas na obturação semelhantes para os cimentos AH Plus e Total Fill BC Sealer ($p>0.05$). Total Fill BC Sealer mostrou maior percentual de volume de falhas foi nos terços apical e médio ($p<0.05$), enquanto que para o AH Plus, não houve diferença entre os terços radiculares ($p>0.05$). Área de guta-percha, cimento e falhas foram semelhantes quando AH Plus e Total Fill BC Sealer foram usados ($p>0.05$). Pôde-se concluir que o instrumento único Mtwo em cinemática recíprocante promoveu maior porcentagem de superfície não instrumentada e debris remanescente em canais achatados de incisivos inferiores; a obturação com AH Plus mostrou maior capacidade de preenchimento que Neo MTA Plus nos canais achatados de incisivos inferiores no terço médio e apical após preparo com sistema Mtwo. O sistema Mtwo 40.06 promoveu preparo mais amplo que R40, favorecendo a obturação do terço apical na técnica de condensação lateral ativa com ambos os cimentos endodônticos avaliados. Nos canais mesiais de molares inferiores, Reciproc e o instrumento rotatório/recíprocante de Niti com tratamento térmico (sistema ProDesign Duo Híbrido) promoveram preparo, percentual de superfície não instrumentada e debris remanescente similares, com maior transporte apical e menor centralização após preparo com Reciproc. Nos canais preparados com R25, a obturação foi semelhante após condensação lateral ou cone único nos terços apical e médio, com maior percentual de volume de falhas e maior percentual de área de cimento no terço cervical. Após preparo com sistema ProDesign Duo híbrido, os cimentos Total Fill BC Sealer ou AH Plus mostraram semelhante capacidade de preenchimento durante a obturação pela técnica de condensação lateral ativa.

Palavras-chave*: Cimento de Silicato. Microtomografia por Raio-X. Preparo de canal radicular. Obturação do canal radicular

Mendes CAN. Effect of rotary and reciprocating preparation in radicular canal and dentin and the quality of filling, using silicate based-cements. [Tese de Doutorado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2017.

ABSTRACT

The nickel-titanium instruments used during the preparation of root canals can present different treatment processes in alloy during manufacturing. Mechanized instrumentation systems present instruments with individual formats, being suggested various kinematics during the action on the dentin. Single instrument systems used in reciprocating kinematics and the new instruments with thermal treatment of alloys should be studied as to the effect on the preparation of the root canal and dentin. The anatomy of the root canal, the filling techniques and the use of different materials can influence in the quality of filling. The objective of this study was to evaluate the flattened root canal preparation of mandibular incisors and mesial root canals mandibular molars using rotatory and/or reciprocating instruments, as well the quality of root canal obturation using different techniques or calcium silicate sealer. Ninety mandibular incisors presenting flattened canals were prepared using Mtwo system in continuous rotation (Mtwo rot) up to 40/.06; Mtwo 40/.06 single instrument in reciprocating motion (Mtwo rec) and Reciproc (R40) (n = 30). The teeth were scanned by computed microtomography (Micro-CT) before and after the preparation. Data were expressed as a percentage of the increase in volume of root canal (% V), reduction of the thickness dentin (% DTR), uninstrumented surface area (% S) and remaining debris (% D). The time required for the preparation was noted. Mesial root canals of 54 mandibular molars with moderate curvature (10 to 20°) were prepared using Reciproc R25 (VDW, Munich, Germany) or instruments of nickel titanium (NiTi) with heat treatment (ProDesign S), using the ProDesign Duo Hybrid System (PDH, Easy, Belo Horizonte, Brazil) (n = 27). The roots were scanned before and after preparation in micro-CT and the images analyzed regarding the percentage of increase in volume (% Δ V), percentage of uninstrumented surface (% S), percentage of remaining debris (% D), transport and centralization of the canals. Forty eight flattened root canals were prepared using rotatory system Mtwo up 40/.06 (Mtwo rot) or Reciproc R40 (R40) were obturated using AH Plus (AHP, n = 12) or Neo MTA Plus (NP n = 12)] sealers by lateral condensation technique. The teeth were scanned by micro-CT before

and after the obturation. The volume of obturation material and voids was calculated in total length and by radicular thirds in microtomographic images. All samples were sectioned at 2, 4, 6, 8 and 10 mm from the radicular apex for evaluation of gutta-percha area, sealer area and voids, which were transformed into percentage. The mesial root canals of twenty mandibular molars with moderate curvature (10 to 20°) were prepared with the Reciproc (R25). The root canal were filling using single cone (n = 10) or lateral condensation (n = 10). The roots were scanned in micro-CT after the preparation and after filling. The volume of obturation material and voids was calculated in total length and by radicular thirds in microtomographic images. All samples were sectioned at 2, 4, 6 and 8 mm from the radicular apex for evaluation of gutta-percha area, sealer area and voids, which were transformed into percentage. The mesial root canals of twenty mandibular molars with moderate curvature (10 to 20°) foram prepared with NiTi instruments with heat treatment (ProDesign S), using the ProDesign Duo Hybrid System (25/.08). The root canals were filled by lateral condensation of gutta percha using Total Fill BC Sealer (n = 10) or AH Plus (n = 10). The teeth were scanned in micro-CT after the preparation and filling and the images were analyzed how the volume of obturation material and voids in total length and by radicular thirds in microtomographic images. All samples were sectioned at 2, 4, 6 and 8 mm from the radicular apex for evaluation of gutta-percha area, sealer area and voids, which were transformed into percentage. Statistical analysis was performed with a significance level of 5%. The flattened lower incisors showed initial volume root canal similar. Mtwo rot and Mtwo rec promoted greater %V ($P < 0.05$). Mtwo rec and R40 presented similar %V in the apical third ($P > 0.05$). R40 showed less %DTR in the coronal third ($P < 0.05$). Mtwo rec presented greater %S in the total length of the canal and the middle third, as well as greater %D ($P < 0.05$). The preparation time was lower with R40 and higher with Mtwo rot ($P < 0.05$). The obturation of flattened root canals of mandibular incisor showed that AHP has provided greater filling that NP in apical and medium thirds after preparation of root canal using Mtwo ($p < 0.05$). The preparation with Mtwo provided less percentage of voids in the apical third with both sealers used ($p < 0.05$). No difference regarding the percentage of gutta-percha filling area, cement and voids when the sealers AHP or NP were used ($P > 0.05$). The evaluation of mesial root canals of mandibular molars showed initial volume similar among all selected samples ($p > 0.05$). PDH promoted greater % Δ V the middle third ($p < 0.05$). R25 and PDH presented similar %S and %D ($P > 0.05$). %S was greater in apical and medium thirds, with no difference between the coronal and middle thirds ($p > 0.05$). Greater

remnant of debris occurred in the middle and apical third for both instruments ($p > 0.05$). Transport in cervical and middle thirds were observed in the danger zone (distal), but the apical third was transported to the outer face of the root curvature (mesial) using the two systems evaluated. R25 presented greater apical transport than PDH ($P < 0.05$). PDH promoted greater centralization in the apical third than R25 ($P < 0.05$). Analysis of filling of the mesial root canals of mandibular molars prepared with R25 showed that the lateral condensation promoted lowest percentage of void volume and largest percentage of sealer area in the coronal third, with significant difference when compared to the single-cone technique ($P < 0.05$). The percentage of volume voids in the filling was similar between the filling techniques evaluated in total length, middle and apical thirds roots ($P > 0.05$). Analysis of filling of the mesial root canals of mandibular molars prepared with PDH showed volume percentages of volume voids similar to AH Plus and Total Fill BC Sealer ($P > 0.05$). Total Fill BC Sealer showed higher percentage of volume voids in apical and medium thirds ($p < 0.05$), while for AH Plus, there was no difference between the root thirds ($p > 0.05$). Gutta-percha, sealer and voids area were similar when AH Plus and Total Fill BC Sealer were used ($p > 0.05$). It might be concluded that the single instrument Mtwo in reciprocating motion promoted greater percentage of instrumented surface and remaining debris in flattened root canals; the obturation with AH Plus showed greater ability to filling than Neo MTA Plus in flattened root canals in the middle and apical thirds after preparation using Mtwo. The Mtwo 40.06 system promoted broader preparation than R40, favoring the filling of apical third in the lateral condensation technique with both endodontic sealers. In mesial root canal of mandibular molars, Reciproc and the Niti instrument rotatory/reciprocating with heat treatment (ProDesign Duo Hybrid System) promoted preparation, percentage of uninstrumented surface and remaining debris similar with greater apical transport and less centralization after preparation using Reciproc. In the root canals prepared using R25, the filling was similar after lateral condensation or single cone in thirds apical and medium, with higher percentage of volume voids and higher percentage of sealer area in the coronal third. After preparation with ProDesign Duo Hybrid system, Total Fill BC Sealer or AH Plus showed similar ability to fill during the obturation by lateral condensation technique.

Keywords*: Silicate Cement. Root canal preparation. Root canal obturation. X-Ray Microtomography

*Conforme Descritores em Ciências da Saúde – DeCS (Bireme) e Normas Foa

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	17
2	PUBLICAÇÃO 1.....	30
3	PUBLICAÇÃO 2.....	45
4	PUBLICAÇÃO 3.....	65
5	PUBLICAÇÃO 4.....	82
6	PUBLICAÇÃO 5.....	101
7	DISCUSSÃO.....	118
8	CONCLUSÃO.....	122
	REFERÊNCIAS.....	123
	APÊNDICE A	130
	APÊNDICE B	131
	APÊNDICE C	132
	ANEXO A	133

1 INTRODUÇÃO

Diferentes instrumentos de níquel-titânio com diferentes formas, conicidades, tratamento da liga durante o processo de fabricação e cinemática de atuação são desenvolvidos e aplicados na endodontia contemporânea (Coelho et al.⁹, 2016; De-Deus et al.¹², 2015; Hwang et al.¹⁸, 2014; Marceliano-Alves et al.²⁵, 2015; Moura-Netto et al.²⁹, 2015; Robinson et al.⁴⁰, 2013). Inicialmente os sistemas de rotação contínua ganharam destaque e até os dias atuais, vêm sendo utilizados com frequência na prática clínica.

O sistema Mtwo (VDW, Munich, Alemanha) é composto por uma sequência progressiva de instrumentos fabricados com liga convencional de níquel titânio, recomendados para a cinemática de rotação contínua. De acordo com o fabricante, os instrumentos Mtwo apresentam secção transversal em forma de S, dois ângulos de corte e conicidade constante ao longo da parte ativa do instrumento. Uma sequência de instrumentos é usada de acordo com a anatomia inicial do canal radicular. Também são disponibilizados instrumentos com maior conicidade, como 25.07, 30/.06, 35/.06, 40/.06. São instrumentos que apresentam flexibilidade, ação de corte e limpeza no canal (Hwang et al.¹⁸, 2014; Ramazani et al.³⁸, 2016), favorecem um preparo centralizado com manutenção do seu trajeto original (Vallaeys et al.⁴⁹, 2016), além de apresentar maior resistência à fadiga cíclica que outros instrumentos rotatórios (Plotino et al.³⁶, 2010).

Com objetivo de reduzir o tempo de trabalho, sistemas de único instrumento foram desenvolvidos, a partir do movimento reciprocante (Gavini et al.¹⁴, 2012; Varela-Patino et al.⁵⁰, 2010). Yared descreveu uma técnica de instrumentação utilizando um único instrumento projetado para a instrumentação rotatória (F2 – Sistema Protaper Universal) em movimento reciprocante, de modo que a lima girasse 4/10 de volta no sentido horário (144° - ação de corte) e 2/10 de volta no sentido anti-horário (72° - liberação do instrumento), visando a otimização do trabalho e a menor fadiga do instrumento contra as paredes dentinárias (Yared⁵⁶, 2008). Desta forma, foi descrito que a técnica de instrumentação reciprocante com o instrumento F2 proporciona um preparo semelhante à utilização de toda sequência do sistema rotatório Protaper Universal em relação ao volume de dentina desgastada e manutenção do ângulo de curvatura do canal radicular nos terços médio e apical (Paque et al.³², 2011).

Instrumentos desenhados especificamente para instrumentação reciprocante foram desenvolvidos, no qual o instrumento é forçado na direção de corte, seguido pelo movimento reverso, para a sua liberação. Uma rotação de 360 graus é completada pela

sequência de vários movimentos reciprocantes. O ângulo na direção de corte é maior que o ângulo na direção reversa, resultando em progressão contínua do instrumento em direção ao ápice radicular. Os instrumentos desenvolvidos para o preparo com movimento reciprocante demonstraram a redução da fadiga cíclica causada pela tensão e forças de compressão induzidas (Gavini et al.¹⁴, 2012; Kiefner et al.²¹, 2014; Perez-Higueras et al.³⁵, 2013; Varela-Patino et al.⁵⁰, 2010).

O sistema reciprocante com limas de níquel-titânio denominado Reciproc® (VDW, Munich, Alemanha) é indicado para preparo dos canais radiculares com a utilização de um único instrumento, exigindo menos tempo de trabalho em comparação aos sistemas rotatórios comumente utilizados (Burklein et al.⁶, 2012). Estes instrumentos são fabricados com uma liga especial de níquel-titânio chamada de M-Wire que recebe tratamento térmico, a qual proporciona maior flexibilidade e resistência à fadiga cíclica dos instrumentos (Al-Hadlaq et al.¹, 2010; Gavini et al.¹⁴, 2012; Ye, Gao⁵⁷, 2012). O sistema Reciproc é composto por 3 instrumentos, R25 (25/.08), R40 (40/.06) e R50 (50/.05). Apresenta semelhança ao instrumento Mtwo. Sua conicidade é contínua apenas nos primeiros três milímetros da parte ativa (R25, taper 08; R40, taper 06; R50, taper 05) (Burklein et al.⁶, 2012; Hwang et al.¹⁸, 2014). A conicidade a partir dos três milímetros é reduzida ao longo da parte ativa, de acordo com o fabricante. No terceiro milímetro apical, o diâmetro do instrumento R40 é de 0,58 mm e a 16 mm da ponta, o diâmetro é de 1,10 mm. Assim, o instrumento mostra uma conicidade a partir do terceiro milímetro, de 0,04.

Sistemas rotatórios como Mtwo podem ser usados em técnica com único instrumento em cinemática reciprocante horária, e promover um preparo semelhante ao Reciproc (Hwang et al.¹⁸, 2014).

Os instrumentos ProDesign S (Easy Equipamentos Odontológicos, Belo Horizonte, MG, Brasil) são fabricados a partir de uma liga de níquel titânio com tratamento térmico “Control Memory”. Este tratamento consiste em um processo térmico que torna o instrumento altamente flexível e resistente. Segundo o fabricante, uma técnica com menor número de instrumentos ProDesign S, o Sistema ProDesign Duo Híbrido, pode ser usada por meio de rotação contínua e movimento reciprocante no terço apical. O Sistema ProDesign Duo Híbrido apresenta como vantagem, a simplificação do trabalho pela utilização de apenas dois instrumentos (25/.01 e 25/.08). O primeiro instrumento é indicado para a criação de um “glide path”, ou seja, um guia de penetração até a patência

apical, em movimento rotatório. O segundo instrumento realiza o pré-alargamento dos 2/3 do canal ou até o início da curvatura, em movimento rotatório. O comprimento de trabalho deve ser atingido pelo segundo instrumento, em movimento recíprocante e o refinamento do preparo é realizado com o segundo instrumento em movimento rotatório, em toda a extensão do canal radicular.

O corte da dentina durante preparo dos canais radiculares com instrumentos manuais ou mecanizados removem tecidos mineralizados e promove formação de debris dentinários. Os debris são formados a partir do acúmulo de grande quantidade de “smear layer” ou lama dentinária, composta por partículas de matriz de colágeno mineralizada e que ficam espalhadas sobre a superfície do canal radicular, formando uma camada de aproximadamente 1 a 2 μm (Violich, Chandler⁵⁴, 2010). Os primeiros pesquisadores que descreveram a “smear layer” sugeriram que a mesma é composta por fragmentos de dentina, restos de processos odontoblásticos, tecido pulpar e bactérias (McComb, Smith²⁶, 1975). Atualmente, é definida como uma película de detritos na superfície dentinária e de outras superfícies, após a instrumentação mecanizada ou manual, a qual consiste de partículas de dentina, remanescentes de polpa vital ou necrosada, componentes bacterianos e de irrigantes utilizados durante o preparo (Violich, Chandler⁵⁴, 2010).

Um dos maiores desafios encontrados pela endodontia é a efetiva limpeza do sistema de canais radiculares, com a remoção de bactérias e seus subprodutos, remanescentes de tecido pulpar e dentina contaminada, bem como a manutenção da trajetória original do canal radicular após preparo, usando instrumentos fabricados com diferentes tipos de ligas de níquel-titânio (NiTi) e em diferentes cinemática de atuação.

A complexidade anatômica apresentada por canais achatados, como os incisivos inferiores, pré molares inferiores e a raiz mesial de molares inferiores, dificulta a ação dos instrumentos durante o preparo, possibilitando que áreas não sejam tocadas durante a instrumentação (Coelho et al.⁹, 2016; De-Deus et al.¹⁰, 2015; Zhao et al.⁵⁸, 2014), especialmente em irregularidades, achatamentos, ramificações, região de istmos e áreas complexas do sistema de canais radiculares, com acúmulo de debris dentinários nestas regiões (Moura-Netto et al.²⁹, 2015; Paque et al.³¹, 2009; Robinson et al.⁴⁰, 2013). O acúmulo de debris é um efeito secundário do processo de limpeza e modelagem e pode ser clinicamente mais relevante que a película de smear layer que recobre os túbulos, devido sua quantidade considerável, o que permite abrigar biofilme bacteriano oriundos

do processo de desinfecção durante o preparo (Paque et al.³¹, 2009), impede a penetração de medicação intracanal no interior de túbulos dentinários e influencia na adaptação de material obturador às paredes do canal radicular (Violich, Chandler⁵⁴, 2010), contribuindo para a falha do tratamento endodôntico. Além disso, os instrumentos usados durante o preparo dos canais radiculares são fabricados com ligas metálicas que podem apresentar tendência a retificação de canais curvos, podendo resultar em erros operatórios como, tais como desvios e / ou perfurações radiculares (Amaral et al.⁴, 2016; Gergi et al.¹⁵, 2014).

Estudos vêm sendo realizados utilizando imagens bidimensionais para avaliação da área do preparo e / ou obturação (Pereira et al.³⁴, 2017; Schafer et al.⁴², 2013; Schafer et al.⁴³, 2012; Schafer et al.⁴⁴, 2016). Por outro lado, uma imagem tridimensional, obtida por meio de tomografia ou microtomografia computadorizada (micro-CT), possibilita a avaliação volumétrica, favorecendo a análise da qualidade do preparo (Almeida et al.², 2015; Burklein et al.⁶, 2012; Hwang et al.¹⁸, 2014; Paque et al.³², 2011; Versiani et al.⁵¹, 2013), remanescente de debris dentinários (De-Deus et al.¹¹, 2014; Liu et al.²⁴, 2013; Moura-Netto et al.²⁹, 2015; Paque et al.³¹, 2009), qualidade da obturação (Alshehri et al.³, 2016; Araujo et al.⁵, 2016; Celikten et al.⁸, 2016; Freire et al.¹³, 2015; Ho et al.¹⁷, 2016; Keles et al.²⁰, 2014; Li et al.²³, 2014; Moeller et al.²⁸, 2013; Naseri et al.³⁰, 2013; Rechenberg, Paque³⁹, 2013; Viapiana et al.⁵³, 2016; Wolf et al.⁵⁵, 2014), entre outras, apresentando como vantagem, a preservação das amostras e a comparação das imagens nas diferentes etapas do tratamento endodôntico.

A capacidade de modelagem e limpeza do canal radicular apresentada pelos instrumentos rotatório (Mtwo) e reciprocante (Reciproc) foram comparadas a instrumentação manual em canais mesiais de primeiros molares inferiores, por meio de imagens obtidas em tomografia computadorizada cone beam (TCCB). No estudo, Mtwo apresentou melhor capacidade de limpeza que os instrumentos manuais no terço coronário, sendo inferior ao instrumento manual. No terço médio, Reciproc apresentou maior capacidade de limpeza e no terço apical, não houve diferença entre os grupos. Quanto à capacidade de modelagem, não houve diferença entre Mtwo e Reciproc, ambos apresentando melhor desempenho que os instrumentos manuais. Os autores concluíram que uma rápida e suficiente modelagem e limpeza podem ser obtidos durante o preparo com Mtwo e Reciproc, especialmente com Reciproc (Ramazani et al.³⁸, 2016).

O preparo com instrumento único reciprocante Wave One (25/.08 - Dentsply Maillefer, Baillaigues, Suíça), instrumento único rotatório ProDesign Logic (25.06 - Easy Equipamentos Odontológicos, Belo Horizonte, MG, Brasil) e instrumento único rotatório One Shape (25/.06 - Micro Mega, Besançon, França) foi avaliado quanto à modelagem de canais ovais de incisivos inferiores, por meio de micro-CT (12,8 µm de resolução). As imagens obtidas pelos escaneamentos antes e após o preparo foram avaliadas. Wave One proporcionou maior aumento de volume após o preparo, sem diferença significativa entre ProDesign Logic e One Shape. A média de porcentagem de áreas instrumentadas no terço médio foram de 76,9% para Wave One, 62,3% para ProDesign Logic e 71,8% para One Shape, sem diferença entre eles. O tempo de preparo foi de 2,13 min, 0,54 min e 2,21 min, respectivamente (Coelho et al.⁹, 2016).

O instrumento Mtwo foi comparado ao instrumento Twisted File Adaptive (SybronEndo, Orange, CA, EUA), por meio de micro-CT (20 µm de resolução) quando acionado em rotação contínua ou em movimento adaptativo, durante o preparo de canais mesiais de molares inferiores. O movimento adaptativo combina a rotação contínua em sentido horário e, quando o instrumento é exposto a uma carga, o movimento reciprocante é automaticamente iniciado, sendo o instrumento acionado a 370° em sentido horário e 50° em sentido anti-horário (liberação do instrumento), por meio do motor específico. Menor aumento de volume e área de superfície do canal foi verificada nos preparos com instrumento TF adaptive em rotação contínua. TF apresentou menor transporte e maior capacidade de centralização que Mtwo em rotação contínua ou movimento adaptativo. A média de centralização foi favorecida pelo movimento adaptativo comparado a rotação contínua para ambos os instrumentos. No terço apical, não foram encontradas diferenças quanto ao transporte e centralização para ambos os instrumentos e cinemática de atuação (Pedulla et al.³³, 2016).

Uma comparação foi realizada, por meio da micro-CT (16 µm de resolução), entre o instrumento reciprocante Reciproc (R25) e o instrumento rotatório Mtwo, em movimento de rotação contínua e reciprocante (instrumento único 25/.07), durante o preparo de canais mesiais de molares superiores. Reciproc foi utilizado em movimento reciprocante de acordo com as recomendações do fabricante (150° em sentido anti-horário e 30° em sentido horário) e o movimento reciprocante do Mtwo foi realizado com uma angulação de 150° em sentido horário e 30° em sentido anti-horário. Não houve diferença quanto o transporte do canal entre Reciproc e Mtwo reciprocante em nenhum

terço radicular. O transporte do canal foi significativamente maior com Mtwo em rotação contínua nos terços cervical e apical. Microscopia Eletrônica de varredura mostrou deformação em 1 instrumento Reciproc, em 3 instrumentos Mtwo usados em cinemática recíproca e em 5 instrumentos Mtwo usados em rotação contínua. Concluíram que em termos de capacidade de modelagem, Mtwo em cinemática recíproca não se difere do sistema Reciproc (Hwang et al.¹⁸, 2014).

Os sistemas de único instrumento recíproco Reciproc e Wave One foram comparados a um sistema rotatório com uma sequência progressiva de instrumentos, BioRace, durante o preparo de canais mesiais de molares inferiores com curvatura moderada, por meio de micro-CT (14,16 µm de resolução), após o alargamento dos canais com instrumento de diâmetro #25 e #40. Não foi observada diferença entre os sistemas de instrumentação quanto ao percentual de áreas não instrumentadas. Houve redução significativa das áreas não instrumentadas com o maior alargamento do canal. Os autores concluíram que nenhum dos sistemas foi capaz de preparar toda a área de superfície do canal da raiz mesial dos molares inferiores e o alargamento do canal resultou num efeito positivo significativo sobre a capacidade de conformação dos sistemas avaliados (De-Deus et al.¹⁰, 2015).

Outro estudo por micro-CT (resolução de 19,6 µm) foi realizado, tendo como objetivo, investigar a geometria tridimensional, em vários parâmetros morfológicos e a capacidade de centralização do preparo de canais mesiais com Reciproc, Wave One, Twisted File (SybronEndo, Orange, CA, EUA) e sistema HyFlex CM (Coltene-Whaledent). As alterações bidimensionais, como área, perímetro, fator de forma, circularidade e maior e menor diâmetro, bem como as alterações tridimensionais, como volume, área de superfície, índice de modelo de estrutura (IMS), parâmetros morfológicos, bem como o transporte do canal, foram comparados entre as imagens antes e após o preparo. Aumento significativo foi observado quanto aos parâmetros avaliados. Não houve diferença entre os grupos quanto ao volume, área de superfície, IMS, fator de forma e circularidade após o preparo. No terço apical, Reciproc apresentou maior alteração na área, perímetro, maior e menor diâmetro que os demais. Twisted File e HyFlex CM foram associados a menor transporte que os instrumentos recíprocos. Concluíram que a modelagem dos canais ocorreu sem evidência significativa de erros de preparo. Alterações nos parâmetros tridimensionais não foram diferentes entre os grupos e no terço apical, Reciproc foi associado com maior alteração bidimensional. Twisted File

e sistema HyFlex CM mantiveram a anatomia original e proporcionaram menor transporte do canal (Marceliano-Alves et al.²⁵, 2015).

Um estudo avaliou tridimensionalmente o transporte e alterações na geometria apical utilizando micro-CT (resolução de 21,39 μm) após o preparo de canais mesiais de molares inferiores com instrumento rotatório fabricado com uma liga convencional de níquel titânio (K3 - SybronEndo, Orange, CA, EUA) e um sistema semelhante, fabricado por um tratamento térmico diferenciado na liga de níquel titânico – R- fase (K3X3 - SybronEndo, Orange, CA, EUA). Foi realizada a comparação nas alterações de volume, área de superfície e índice de modelo de estrutura (IMS) e transporte do canal nos últimos 4 mm apicais. Ambos os instrumentos alteraram significativamente os parâmetros avaliados, sem diferenças entre eles. Os instrumentos apresentaram adequado preparo do canal com reduzido valores de transporte. O tratamento térmico não influenciou na geometria apical (Almeida et al.², 2015).

Paque et al.³¹, em 2009, utilizaram a micro-CT (20 μm de resolução) para descrever um método de investigar remanescente de debris dentinários após o preparo de canais mesiais de molares inferiores com istmos entre eles. Para isso, foi realizado escaneamento inicial e após o preparo e volume preenchido por um tecido duro radiopaco com aparência de debris após o preparo, foi calculado. Uma análise por espectroscopia por raio-X por dispersão em energia (EDX) revelou que a quantidade de fosfato de cálcio presente neste material radiopaco era a mesma que continha na dentina do mesmo espécime. Os autores tiveram como resultado que o debris acumulado visualizado nas imagens obtidas pelo micro-CT após o preparo, foi consistente com a dentina radicular. Nos canais selecionados, uma média de 29,2% do volume original do canal foi preenchido por debris dentinários, visualizados em toda a extensão do sistema de canais. Concluíram que o método utilizado é adequado para quantificar diferentes tipos de instrumentação e regimes de irrigação, quanto o acúmulo de debris dentinários (Paque et al.³¹, 2009).

Mais tarde, um estudo comparou a quantidade e densidade de debris inorgânica remanescente em canais mesiais de molares inferiores após a instrumentação com o sistema de instrumento único reciprocante Reciproc a um sistema de múltiplos instrumentos rotatórios, por micro-CT (resolução de 13,6 μm). Após a utilização do instrumento único reciprocante, uma média de 19,5% de debris remanescente foi obtida, enquanto que 10,6% foi observada nos canais preparados com a sequência de

instrumentos rotatórios. Na região de istmos, saliências e irregularidades das paredes do canal foi verificado o acúmulo de debris. Os autores concluíram que, nos canais com alta prevalência de istmos e saliências, os sistemas rotatórios com múltiplos instrumentos podem ter preferência sobre o instrumento reciprocante, devido a maior limpeza e menor acúmulo de debris (Robinson et al.⁴⁰, 2013).

O preparo de canais mesiais de molares inferiores com sistemas reciprocantes Wave One e Reciproc foi comparado a um sistema rotatório com uma sequência progressiva de instrumentos, conhecido como BioRace (FKG Dentaire, La-Chaux-de-Fonds, Suíça), por meio de micro-CT (resolução de 14,16 µm) quanto a produção de debris de tecido duro após o alargamento apical com instrumento de diâmetro #20 ou #40. Não houve influência no acúmulo de tecido duro após o preparo com sistemas reciprocante ou rotatório e houve maior redução do percentual de debris após o maior alargamento dos canais em todos os grupos (De-Deus et al.¹², 2015).

Por meio da comparação em imagens obtidas por micro-CT (resolução de 17,4 µm) antes e após o preparo e irrigação final convencional, os canais mesiais de molares inferiores instrumentados com Reciproc R25 apresentaram remanescente de debris de tecido duro ocupando um volume médio de 3,40% em relação ao volume do canal (Freire et al.¹³, 2015).

Outro aspecto importante a ser considerado durante o tratamento endodôntico diz respeito à obturação dos canais radiculares. Durante a obturação dos canais radiculares, um material sólido, como os cones de guta-percha ou de resina é associado a um material plástico, os cimentos endodônticos (Schilder⁴⁵, 2006).

Atualmente, o cimento endodôntico “padrão ouro” das pesquisas endodônticas é o AH Plus (Dentsply DeTrey, Konstanz, Alemanha). Trata-se de um cimento a base de resina epóxi que possui bom escoamento, alta resistência à compressão, boa radiopacidade, baixa solubilidade, estabilidade dimensional (Viapiana et al.⁵², 2014; Zhou et al.⁵⁹, 2013), capacidade de selamento (Timpawat et al.⁴⁸, 2001) e baixa citotoxicidade (Silva et al.⁴⁶, 2013).

Neo MTA Plus (Avalon Biomed Inc, Bradenton, FL, EUA) é um cimento a base de silicato de cálcio, com fórmula semelhante a do MTA, com um radiopacificador alternativo ao óxido de bismuto, o óxido de tantálio, sendo indicado para pulpotomias por

não escurecer a estrutura dentária (Camilleri⁷, 2015), e segundo o fabricante, também é indicado em capeamento pulpar, apexificação em dentes decíduos, cimento retrobturador, selamento de perfurações e como cimento obturador em pulpectomias. Sua forma de apresentação é um gel a base de água e um pó. A quantidade do gel durante a manipulação proporciona a facilidade de manuseio para variar a consistência do cimento de acordo com as suas indicações clínicas.

Total Fill BC Sealer (FKG Dentaire SA, La Chaux de Fonds, Suíça) é um cimento endodôntico à base de silicato de cálcio recomendado para a obturação dos canais radiculares. Sua forma de apresentação é uma pré mistura no interior de uma seringa e pronta para utilização. Apresenta também na sua composição óxido de zircônio, fosfato de cálcio, hidróxido de cálcio e agentes espessantes, segundo o fabricante. Este cimento apresenta boa penetrabilidade em túbulos dentinários, semelhante ao Neo MTa Plus (McMichael et al.²⁷, 2016).

A obturação hermética do sistema de canais radiculares previne a infiltração de micro-organismos presentes nos tecidos periapicais ou na cavidade oral para o interior do canal radicular e que podem levar ao insucesso endodôntico (Schilder⁴⁵, 2006; Sjogren et al.⁴⁷, 1990). O selamento do sistema de canais depende do espaço do canal radicular preparado mecanicamente.

A maioria dos sistemas mecanizados utilizados durante o preparo dos canais radiculares apresentam cones de guta-percha padronizados de acordo com a conicidade dos instrumentos, possibilitando a obturação pela técnica de cone único. A técnica de cone único promove menor resistência de união entre o material obturador e a dentina (Rached-Junior et al.³⁷, 2016) e possibilita a presença de espaços vazios (Alshehri et al.³, 2016; Celikten et al.⁸, 2016; Schafer et al.⁴², 2013; Schafer et al.⁴³, 2012; Schafer et al.⁴⁴, 2016), influenciando no selamento do canal radicular.

A técnica de obturação por condensação lateral ativa é a mais utilizada para a obturação dos canais radiculares, uma vez que não necessita de cones específicos e demonstra efetividade clínica, com altos índices de sucesso (Kandemir Demirci, Caliskan¹⁹, 2016; Leonardo et al.²², 2009). Na condensação lateral ativa, um espaçador digital ou uma lima manual é introduzida no canal para condensar o material obturador e criar espaços para a inserção de cones de guta percha auxiliares lateralmente. Entretanto, isso pode proporcionar a criação de espaços vazios ou falhas na obturação e impedir a

adaptação do material obturador às paredes do canal radicular (Keles et al.²⁰, 2014; Naseri et al.³⁰, 2013; Samadi et al.⁴¹, 2014; Schafer et al.⁴⁴, 2016).

Utilizando imagens obtidas por micro-CT, a qualidade da obturação após o emprego da condensação lateral ativa, condensação vertical, técnica termoplástica do sistema Obtura II e Gutta Flow, foi avaliada em primeiros molares inferiores preparados com Protaper. As imagens após escaneamento foram utilizadas para mensurar o volume dos canais após o preparo. Após a obturação, novo escaneamento foi realizado para avaliação da porcentagem de espaços vazios, gutta-percha e cimento, nos diferentes níveis radiculares. Alta porcentagem de material obturador foi observada no grupo Gutta Flow, seguido por Obtura II, sem diferença significativa entre eles. Ambos mostraram maior percentual de gutta-percha que a condensação vertical e lateral. Espaços vazios ou falhas na obturação foram detectados em todas as amostras. Alto percentual de falhas foi observado na condensação lateral. Gutta Flow e condensação lateral mostraram o maior e menor volume de material obturador, respectivamente (Naseri et al.³⁰, 2013).

Outro estudo, utilizando micro-CT (12,5 µm), a técnica de condensação lateral foi comparada a compactação vertical com gutta-percha aquecida (Dia-Gun Obturation System), em canais ovais de pré molares. A porcentagem de gutta-percha, cimento e espaços vazios foi de 82,33%, 13,42% e 4,26% na condensação lateral e 91,73%, 7,70% e 0,57% para a compactação vertical com gutta-percha aquecida, com diferença significativa entre as técnicas. Não houve diferença entre o volume dos materiais obturadores e falhas no terço apical. Concluíram que todas as técnicas mostraram presença de falhas, com maior percentual de gutta-percha e menor de cimento e falhas para a técnica de compactação vertical aquecida (Keles et al.²⁰, 2014).

A técnica de cone único foi utilizada para a obturação de canais ovais em pré molares superiores com único canal, utilizando diferentes cimentos endodônticos (AH Plus, ActiV GP e dois cimentos biocerâmicos, o EndoSequence BC Sealer e Smartplast bio, para a comparação do preenchimento do canal usando micro-CT. Os dentes foram escaneados após a obturação (resolução de 13,47 µm). As secções transversais foram avaliadas em intervalos de 0,5 mm e a proporção das secções com falhas e o volume de falhas em cada terço radicular foi calculado. Uma reduzida presença de falhas foi observada no terço apical, com diferença entre terço apical e coronário. Todos os cimentos utilizados promoveram falhas. Os cimentos biocerâmicos proporcionaram

falhas em um percentual semelhante aos demais cimentos, com reduzidas falhas no terço apical (Celikten et al.⁸, 2016).

Canais curvos (entre 25 a 35°) foram preparados com instrumentos rotatórios Mtwo e obturados com cone único (35/0.04), condensação lateral (cone principal 35/0.04), condensação vertical com gutapercha aquecida ou condensação lateral (cone principal 35/0.02), usando cimento AH Plus. Os dentes foram seccionados horizontalmente a 2, 4, 6 e 8 mm do ápice radicular e analisados em estereomicroscopia (aumento de 25X) quanto ao percentual de gutapercha, cimento e falhas na obturação. Não foram observadas diferenças entre os grupos quanto o percentual de falhas na obturação. A técnica de cone único promoveu menor percentual de gutapercha e maior área de cimento. As técnicas de condensação lateral com cones principais padronizado ou com conicidade 0.04 mostraram semelhança a condensação vertical com gutapercha aquecida (Schafer et al.⁴³, 2012).

Um estudo avaliou a influência das técnicas de inserção de cimento com espiral lentulo, cone de gutapercha e lima, durante a obturação por condensação lateral e técnica de cone único. As raízes foram seccionadas a 2, 4 e 6 mm do ápice radicular e avaliada em microscópio digital. A condensação lateral não mostrou diferença entre as áreas de gutapercha, cimento e falhas em nenhum dos cortes quando os diferentes métodos de inserção de cimento foram comparados. Na técnica de cone único maior percentual de cimento foi verificado nos três níveis radiculares quando o mesmo foi inserido com lima. Aos 2mm, maior porcentagem de área de falhas foi observado quando o cone único foi utilizado. Aos 4mm, a inserção de cimento com o cone resultou em maior porcentagem de falhas, sem diferença significativa entre os métodos de inserção aos 6mm. Os autores concluíram que a técnica de cone único requer o uso de um instrumento para inserção de cimento anteriormente à introdução do cone (Guinesi et al.¹⁶, 2014).

A técnica de cone único foi avaliada quanto ao percentual de área de gutapercha e cimento, após a obturação de canais de incisivos inferiores, preparados com FlexMaster, Mtwo, Protaper, Reciproc e Wave One. Um grupo controle foi composto pelo preparo manual e obturação com condensação lateral ativa. Os dentes foram seccionados a 2, 4, 6 e 8 mm do ápice radicular e as seções foram analisadas em estereomicroscópio. Em 2 mm, o grupo preparado com Mtwo produziu maior percentual de área de gutapercha. Em 4 mm, os grupos preparados com FlexMAster e Mtwo apresentaram maior percentual de área de gutapercha que os demais. O grupo controle mostrou mais alto percentual de gutapercha e mais baixo de cimento que os grupos preparados por Protaper, Reciproc e

Wave One. A 6 e 8 mm, o grupo controle preparado com instrumentos manuais e a técnica de obturação por condensação lateral ativa apresentou maior percentual de guta-percha e menor de cimento que todos os outros. Os autores concluíram que a condensação lateral e a técnica de cone único do sistema FlexMaster e Mtwo, produzem alto percentual de guta percha no terço apical (Schafer et al.⁴², 2013).

Canais radiculares de dentes unirradiculares foram preparados e obturados usando técnica termoplástica Thermafill, condensação vertical com guta-percha aquecida e condensação lateral. Após a obturação, as raízes foram seccionadas horizontalmente a 2 e 3 mm do ápice radicular e avaliadas em um aumento de 50X por esteromicroscopia, quanto a área e porcentagem de guta-percha. Os autores verificaram que Thermafill proporcionou maior percentual de guta percha que a condensação vertical com guta-percha aquecida ou condensação lateral (Samadi et al.⁴¹, 2014)

Diferentes técnicas de obturação foram comparadas quanto a porcentagem de áreas de guta-percha, cimento e falhas em canais de pré molares inferiores, obturados com guta-percha e AH Plus. As técnicas de obturação foram a condensação lateral, cone único ou técnica termoplástica de obturação GuttaFusion (após preparo com Mtwo, Reciproc) e GuttaCore (após preparo com Wave One). Os dentes foram seccionados a 2, 4, 6 e 8 mm do ápice radicular e analisados em estereomicroscopia com aumento de 25 vezes. Em 2 mm, nenhuma diferença foi observada na porcentagem de áreas preenchidas por guta-percha ou cimento. Nos outros níveis, maior porcentagem de guta-percha foi observada com as técnicas termoplásticas GutaFussion ou GutaCore. Não houve diferença significativa entre as técnicas de condensação lateral e cone único quanto ao percentual de falhas. Os autores observaram que, independente da técnica de preparo, as técnicas termoplásticas de obturação produziram uma obturação homogênea e menor incidência de falhas (Schafer et al.⁴⁴, 2016).

Os canais distais de molares inferiores, pré selecionados em três grupos de acordo com sua anatomia (redondos, ovais ou ovais alongados) foram preparados com Reciproc R40 e obturados com a técnica de cone único utilizando guta-percha e cimento AH Plus. As raízes foram seccionadas e foram removidas duas fatias de 1 mm de cada terço radicular. As fatias foram avaliadas em estereomicroscopia, em aumento de 25 vezes. As imagens foram utilizadas para o cálculo do percentual de área preenchida por guta-percha e cimento. Em seguida, as fatias foram utilizadas para o teste de “push-out” e o tipo de

falhas (adesiva, coesiva ou mista) foi obtido. Os canais redondos apresentaram significativamente maior percentual de preenchimento de guta-percha e baixo preenchimento de cimento que os demais. Os autores concluíram que o alto percentual de área preenchida por guta-percha resulta em maior resistência de união à dentina radicular (Pereira et al.³⁴, 2017).

Os canais radiculares de caninos foram preparados e obturados pela condensação lateral, técnica de cone único e técnica híbrida de Tagger, usando cimentos AH Plus ou Sealer 26. Fatias radiculares apresentando dois milímetros de espessura de cada terço radicular foram avaliadas quanto a resistência de união. Os autores observaram que a resistência de união foi maior usando o AH Plus e técnica de condensação lateral. A técnica de cone único mostrou os menores valores de resistência de união a dentina (Rached-Junior et al.³⁷, 2016)

A anatomia do complexo sistema de canais radiculares, com área de reentrâncias e achatamentos representa um desafio para o tratamento endodôntico. A completa eliminação de restos pulpare, micro-organismos e debris dentinários, bem como o selamento dos canais radiculares é desejável durante o tratamento endodôntico, aumento os índices de sucesso do tratamento endodôntico. O uso de instrumentos de níquel titânio (NiTi) com tratamento térmicos podem apresentar alta flexibilidade e o Sistema ProDesign Duo Híbrido mostra ser uma técnica simplificada em cinemática híbrida, podendo reduzir os riscos de acidentes operatórios durante o preparo dos canais radiculares de canais curvos. Diante da importância de um preparo adequado e um efetivo selamento em canais radiculares com complexidade anatômica, o objetivo deste estudo é avaliar o efeito do preparo biomecânico com instrumento rotatório e / ou recíprocante, bem como as alterações promovidas sobre a dentina radicular, além da qualidade da obturação usando diferentes técnicas obturadoras ou cimentos endodônticos.

2 PUBLICAÇÃO 1

3-dimensional analysis of flattened root canal preparation using rotary system or single file in clockwise or counter clockwise reciprocating motion

*artigo submetido ao periódico Brazilian Dental Journal

ABSTRACT

The objective this study were to compare flattened root canal preparation using Mtwo system in continuous rotation, Mtwo 40/.06 single file in reciprocating motion and Reciproc. Ninety mandibular incisors presenting flattened root canal were prepared (n= 30): Mtwo system in continuous rotation (Mtwo rot) up to 40/.06; Mtwo single-file 40/.06 in clockwise reciprocating motion (Mtwo rec); and Reciproc (R40). Teeth were scanned by using micro-computed tomography (Micro-CT) before and after preparation. Data was expressed in percentage of root canal volume increase (%V), dentin thickness reduction (% DTR), uninstrumented canal wall surface (%S) and remaining debris (%D) for radicular thirds. Time required for preparation was also recorded. Data was analyzed by using ANOVA and Tukey, or Kruskal Wallis and Dunn tests. The initial volume of the root canals was similar ($P > 0.05$). Mtwo rot and Mtwo rec promoted greater %V ($P < 0.05$). Mtwo rec and R40 presented similar %V in the apical third ($P > 0.05$). R40 showed less %DTR in the coronal third ($P < 0.05$). Mtwo rec presented a higher %S in total extension of canal and in the middle third ($P > 0.05$). The time of preparation was shorter with R40 and longer for Mtwo rot ($P < 0.05$). R40 promoted a conservative prepare with less debris remaining in flattened root canals than Mtwo single-file in reciprocating motion.

Keywords: debris, micro-computed tomography, reciprocating motion, Reciproc, root canal preparation, shaping ability.

INTRODUCTION

Proper cleaning and shaping are the main goals of root canal preparation (1). The single-file preparation promotes a technique with shorter working time (2). Reciprocating motion using a single file may reduce the stress and the cyclic fatigue of instruments. Reciproc (VDW, Munich, Germany) is a system with a single-file root canal preparation used in a kinematics with counter-clockwise (150°) and clockwise (30°) motion (2). Reciproc instruments are manufactured with the M-Wire alloy with heat treatment that increases its flexibility and resistance to cyclic fatigue (3).

Mtwo system (VDW, Munich, Germany) is composed of a sequence of instruments manufactured with a conventional nickel-titanium (NiTi) alloy, recommended for continuous rotation. Mtwo instruments and Reciproc system have a similar cross-section, however, the cutting ability of Mtwo rotary instrument is clockwise, while Reciproc is used in counter-clockwise motion (4). Mtwo and Reciproc have demonstrated effective dentin removal during preparation, and they provided similar increase in volume of root canal (4). A lower quantity of residual debris in the apical third was observed when Mtwo and Reciproc were used, in comparison with other rotary and reciprocating instruments (2). A single-file root canal preparation may be performed using files recommended for continuous rotation (cutting action in clockwise motion) in reciprocating motion (4) driven with motors that promote the reciprocating kinematics with the greater angulation in the clockwise direction.

Cleaning of oval root canals with flat areas is a challenge for root canal preparation. The buccolingual dimension is larger than the mesiodistal, resulting in uninstrumented surfaces (5) that may favor the accumulation of the smear layer and hard tissue debris (6). Micro-computed tomography (micro-CT) have expanded the knowledge of root canal preparation, allowing the evaluation of the canal surfaces that remain uninstrumented (7-9) and accumulated debris remaining after the root canal preparation (10, 11).

There is still a lack of the literature about the tri-dimensional analyses of flattened root canals prepared using a rotatory system and single-file reciprocating in clockwise or counter-clockwise motion. The aim of this study was to evaluate the preparation performed with Mtwo rotatory system and single-file Mtwo or Reciproc R40 in

reciprocating motion, assessed by micro-computed tomography in mandibular incisors with flattened root canals.

MATERIALS AND METHODS

Selection of teeth

The Ethics Committee (CAAE 49889215.9.0000.5416) approved the research. Mandibular incisors with single and flattened root canals were selectioned. The teeth were analyzed by means of digital radiography (Kodak RVG 6100 Digital Radiography System, France) and the diameter ratio (DR) was obtained from at 9 mm from the root apex by measuring the mesiodistal and buccolingual length of the root canal. Flattened shaped root canals were selected when the buccolingual distance was at least 4 times larger than the mesiodistal diameter ($DR \geq 4$). Teeth were observed by stereomicroscope at 20x magnification, to exclude specimen with pre-existent lines and fractures. Ninety teeth with single roots presenting fully formed apices, no presence of cracks, root resorption or calcification were selected. The selected samples presented mesial and distal dentin thickness from 1 to 1.5 mm at 9 mm from the root apex. At 3 mm from the root apex, the mesial and distal dentin thickness was from 0.5 to 1.2 mm. The flattened canals selected had apical diameter corresponding to a size less than 20 K-file (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Switzerland). The teeth were stored in 0.1% thymol solution at 5°C.

Each root was enveloped by a thin layer of fluid impression material (Oranwash L, Zermack, Rovigo, Italy) and inserted into acrylic resin in individual wells, simulating periodontal ligament (12). The specimens were initially scanned by using micro-computed tomography (Micro CT) SkyScan 1176 (Bruker-microCT, Kontich, Belgium). Scan was performed at 70 kV, 353 μ A, 360° rotation, and a 0.5° rotation step, resulting in an image with a 17.42- μ m voxel size.. The filter used was made of 0.5 mm of aluminum. The images were reconstructed using NRecon software (V1.6.10.4; Bruker-microCT), with beam hardening correction of 40%, post-alignment of 0.50 to compensate possible misalignment during acquisition, and ring artifact correction of 10.

The images were analyzed using the CTAn v1.14.4 software (Bruker-microCT). During the first analysis, the transaxial slices were evaluated and the teeth that presented cracks or any change in the patterns of normality were replaced.

Root canal preparation

After access opening, the root canals were explored with size 10 K-file. Apical patency was determined by introducing a size 10 K-file into the root canal until the foramen and the working length was determined by subtracting 1 mm from this measurement. The teeth were divided randomly into 3 groups: Mtwo system up to size 40/.06 with rotary motion (Mtwo rot, n=30); Mtwo single-file 40/.06 with reciprocating motion (Mtwo rec, n=30); Reciproc (40/.06) with reciprocating motion (R40, n=30).

Mtwo rot: rotary instrumentation with Mtwo system was initially performed preparing the coronal third with size 25/.07 followed by size 25/.06 in the middle third, and 20/.06 in the apical third. After that, the root canal was prepared with the sequence of instruments size 25/.06, size 30/.04, size 35/.05, size 40/.04 and size 40/.06 in the work length. The instruments were used with an electric motor (Silver Reciproc®, VDW, Munich, Germany), according to manufacturer instructions, using with a brushing motion against the walls. Each sequence of instruments was used to prepare three root canals.

Mtwo rec: instrumentation using reciprocating motion was performed with the single-file size 40/.06 taper, with an Endodual electric motor (Satelec, By Dental srl, Pistoia, Italy), adjusted to reciprocate 150° in clockwise direction (cutting action), complemented with 30° in counter-clockwise direction (to release the instrument). The instrument was inserted into the root canal in three increments: initially was prepared the coronal third, followed by the middle and apical thirds, using brushing movements against the walls. At the apical third, the instrument size 40/.06 was used in the work length. A new Mtwo 40.06 instrument was used for each root canal preparation.

Reciproc: the root canals were prepared using Reciproc R40 with an electric motor (Silver Reciproc®, VDW, Munich, Germany), according to the protocol recommended by the manufacturer, rotating at 150° in the counter-clockwise direction (cutting action) and 30° in the clockwise direction (to release the instrument). During the preparation, instrument R40 was inserted into the root canal in three increments: initially was prepared the coronal

third, followed by the middle and apical thirds, with a brushing motion against the walls. At the apical third, the instrument R40 was used in the work length, using brushing movements to the walls. A new R40 instrument was used for each root canal preparation.

For all groups, at each change of the instrument, the root canals were irrigated with 2 mL of 2.5% NaOCl using a syringe and Endo Eze irrigator tip (Ultradent Products Inc., South Jordan, UT, USA). After preparation, the root canals were irrigated with 5 mL of 2.5% NaOCl followed by a final irrigation with 2 mL of 17% EDTA. The root canals remained filled with EDTA solution for 3 minutes. The EDTA solution was agitated manually within the root canal with an instrument size 40/.02 K-file in the work length, for 30 seconds. Final irrigation was performed with 3 mL of a detergent solution (Tergentol, Biodinâmica, Ibiporã, PR, Brazil). The time of preparation was also recorded. The same operator performed all laboratory procedures.

Canal volume and dentine thickness analysis

After preparation, the teeth were scanned by using micro-CT scanner and the images were reconstructed, following the same parameters as described above. DataViewer V1.5.2.4 software (Bruker-microCT) geometrically aligned the pre and post-operative images. The transaxial slices of the images were processed in the CTAn v.1.14.4 software (Bruker-microCT).

The limits of analysis were defined as being from the extension of the non-visible enamel to the apex. A density histogram was used in a global threshold method. This segmentation determined the dentine before and after instrumentation, and the values ranged from 45 to 65, as suggested in previous study (10). Task lists were applied and arithmetic and logical operations between the superimposed cross-sectional images were performed (10). The images were analyzed with regard to preoperative / initial (IV) and postoperative / final volume (FV) of the root canal, surface area of uninstrumented canal wall (static voxel) and debris remaining. Each root canal was evaluated as a whole and at each third (coronal, middle and apical), divided proportionally to the root length (μm) in each sample. The software considers that a surface voxel belongs to any given structure when the full voxel belongs to it. To be counted as 'affected', at least, one full voxel must be registered as removed from the preoperative canal model after superimposition. Thus

the number of static voxel surfaces was calculated as uninstrumented canal walls surface (7, 13). Debris were identified by the software as a material with a density similar to that of dentin in regions previously occupied by air in the preoperative canal space, using custom processing (11). Voxels representing the dentin walls in the canal, which were removed during instrumentation and then occupied by hard tissue debris, could not be measured, because in the scans it was impossible to make a precise distinction between accumulated hard tissue debris and dentin (11, 10). The increase volume (V) was calculated by subtracting the values of FV from IV and then converted into percentages (%V).

The analysis of dentin thickness mesiodistal was performed in cross-sections in the center of the coronal, middle and apical thirds of each sample using CTAn software. Dentin thickness post-operative (mm) was subtracted from the dentine thickness pre-operative (initial dentine thickness – IDT) and the result was transformed into percentage of dentin thickness reduction (% DTR).

Statistical analysis of the time required for preparation, initial volume (IV), percentage increase in volume (%V), dentin thickness reduction (% DTR) was performed by means of ANOVA and Tukey tests. Statistical analysis of the percentage of debris (%D) and percentage of uninstrumented surface (%S) was performed by the Kruskal Wallis and Dunn tests. All statistical tests were performed with a level of significance of 5% ($\alpha < 0.05$).

RESULTS

The quantitative 3D analyses are described in Table 1 and 2. The 3D models of representative samples are illustrated in Figure 1 and 2.

Reciproc R40 enabled a root canal preparation in a reduced period (166.2 seconds) when compared with the other groups ($P < 0.05$). Mtwo rotary with a progressive sequence of instruments demanded a longer time (384.9 seconds) ($P < 0.05$) (Table 1). The initial volume (IV) and initial dentine thickness (IDT) was similar in the samples of all the experimental groups ($P > 0.05$). Mtwo rot or Mtwo rec promoted a higher percentage of increase in volume (%V) after preparation of the root canals, without difference among them ($P > 0.05$). R40 promoted lower %V in the middle and apical

thirds, similar to Mtwo rec in the apical third ($P < 0.05$). R40 promoted the less dentin thickness reduction (% DTR) in the coronal third ($P < 0.05$), and it was similar to Mtwo rot and Mtwo rec in apical and medium thirds ($P > 0.06$) (Table 1).

No difference were observed as to percentage of uninstrumented canal wall surfaces (%S) with Mtwo rotatory system and single-file in clockwise (Mtwo rec) or counter-clockwise (R40) reciprocating motion in the coronal third ($P > 0.05$). The higher %S was observed with Mtwo rec in the middle and apical thirds ($P < 0.05$). Mtwo rot and R40 presented the lowest %S ($P > 0.05$). Mtwo rec and R40 presented similar %S in the apical third ($P > 0.05$) (Table 2).

A higher percentage of remaining debris (%D) was observed after the preparation with Mtwo rec in the middle and apical thirds ($P < 0.05$). Mtwo rot and R40 promoted a similar %D ($P > 0.05$). When the root third were compared, Mtwo rec promoted greater %D in the apical third ($P < 0.05$). After the preparation of root canals using Mtwo rot or R40, no difference was observed between %D in middle and apical thirds or middle and coronal thirds ($P > 0.05$) (Table 2).

Table 1 - Mean and standard deviation of preparation times (seconds), initial volume (IV – mm³), percentage of increase in volume (%V), initial dentine thickness (IDT - μm) and percentage of dentine thickness reduction (%DTR) (n=30).

		Experimental Groups		
		Mtwo rot	Mtwo rec	R40
Time (sec)		384.9 (±29.49) ^a	239.2 (±61.38) ^b	166.2 (±24.09) ^c
Total	IV	3.80 (±1.82) ^a	3.87 (±1.66) ^a	4.41 (±1.27) ^a
	% V	130.30 (±95.88) ^a	115.60 (±60.16) ^a	63.39 (±50.25) ^b
Coronal	IV	2.53 (±1.25) ^a	2.63 (±1.24) ^a	3.00 (±0.99) ^a
	% V	116.70 (±112.00) ^a	106.60 (±65.90) ^a	50.24 (±18.26) ^b
	IDT	1.28 (±0.15) ^a	1.17 (±0.20) ^a	1.29 (±0.17) ^a
	% DTR	-21.74 (6.86) ^a	-18.94 (6.88) ^a	-12.93 (7.80) ^b
Middle	IV	0.980 (±0.53) ^a	0.960 (±0.41) ^a	1.074 (±0.40) ^a
	% V	166.5 (±93.69) ^a	152.7 (±82.54) ^a	104.0 (±46.49) ^b
	IDT	1.03 (±0.15) ^a	1.05 (±0.16) ^a	1.01 (±0.18) ^a
	% DTR	-20.09 (9.70) ^a	-18.58 (7.33) ^a	-17.40 (10.17) ^a
Apical	IV	0.291 (±0.131) ^a	0.275 (±0.154) ^a	0.320 (±0.120) ^a
	% V	191.90 (±124.90) ^a	160.1 (±126.50) ^{ab}	103.1 (±50.99) ^b
	IDT	0.70 (±0.14) ^a	0.75 (±0.12) ^a	0.73 (±0.15) ^a
	% DTR	-15.40 (8.89) ^a	-13.29 (7.99) ^a	-14.26 (9.89) ^a

Different lower case letters in same line indicate statistically significant difference among groups (p<0.05).

Table 2 - Median, minimum and maximum of the percentage of uninstrumented surface (%S) and debris (%D) after preparation of root canals in total and coronal, middle and apical thirds (n=30).

		Experimental groups					
		Mtwo rot		Mtwo rec		R40	
		% S	% D	% S	% D	% S	% D
Total	Median	5.90 ^B	0.73 ^B	21.75 ^A	2.76 ^A	11.72 ^B	0.94 ^B
	Minimum	0.05	0.00	3.09	0.17	11.72	0.13
	Maximum	32.96	7.91	46.52	12.31	18.66	4.51
Coronal	Median	5.46 ^{Aa}	0.31 ^{ABb}	10.75 ^{Ab}	0.77 ^{Ac}	5.81 ^{Ab}	0.32 ^{Bb}
	Minimum	0.00	0.00	1.88	0.09	0.14	0.00
	Maximum	39.53	5.19	37.25	9.14	25.08	3.69
Middle	Median	7.95 ^{Ba}	2.12 ^{Bab}	24.77 ^{Aa}	2.96 ^{Ab}	12.08 ^{Bab}	1.12 ^{Ba}
	Minimum	0.00	0.0	0.29	0.01	0.45	0.01
	Maximum	40.92	12.40	52.89	20.02	39.24	9.15
Apical	Median	8.65 ^{Ba}	5.05 ^{Ba}	32.09 ^{Aa}	12.79 ^{Aa}	15.09 ^{ABa}	2.29 ^{Ba}
	Minimum	0.00	0.02	3.89	0.40	2.68	0.24
	Maximum	51.95	35.68	73.20	50.64	59.19	22.95

Different capital letters in same line indicate statistically significant difference among groups ($p < 0.05$). Different lower case letters in same column indicate statistically significant difference among the root levels ($p < 0.05$).

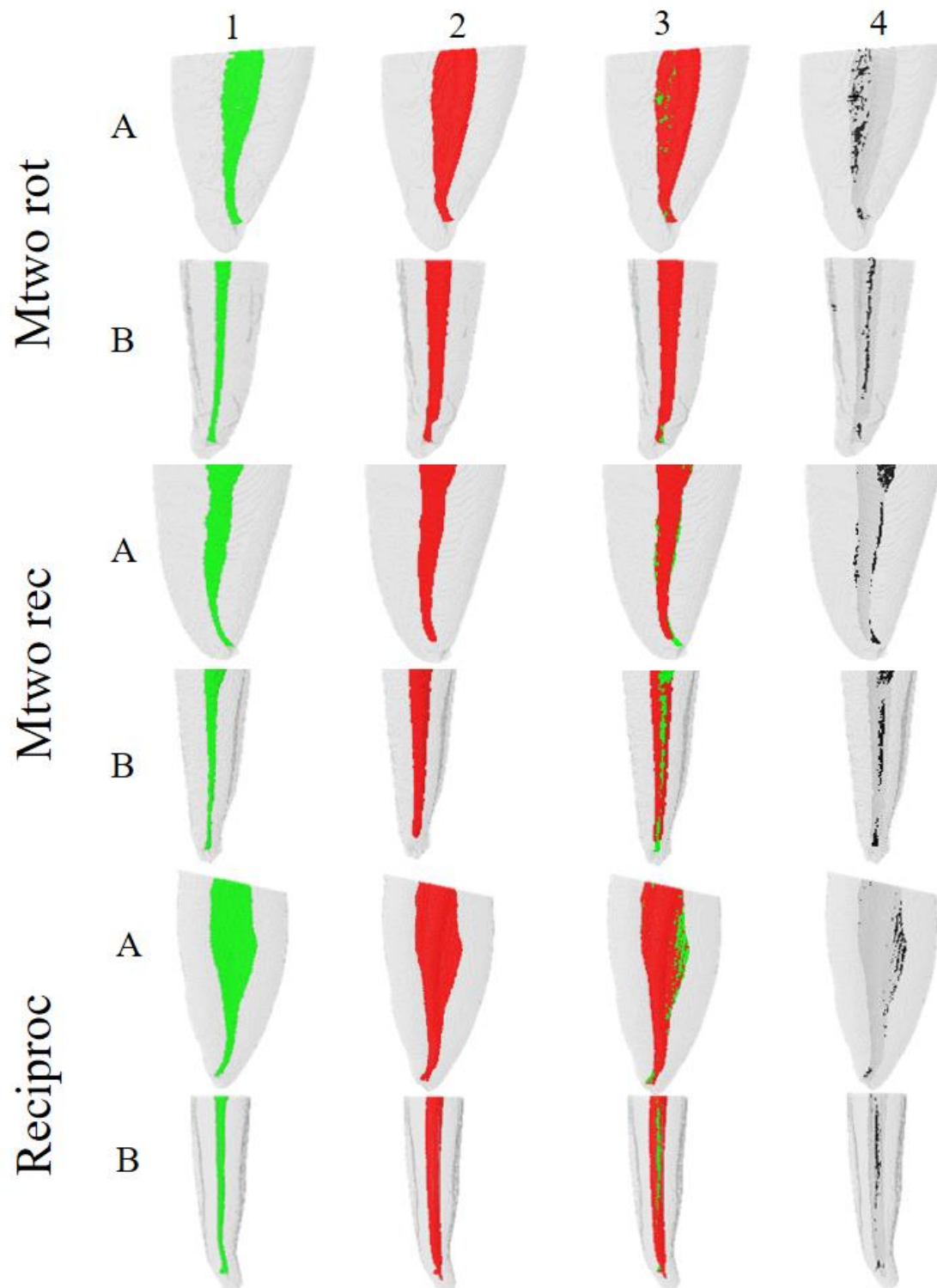


Figure 1 – Three-dimensional micro-CT scans reconstruction of the external and internal anatomy of flattened canals of mandibular incisors before (green) (1) and after (red) preparation (2). Superimposition of preoperative root canal (green) and post instrumentation (red) (3). Total accumulated hard tissue debris plus instrumented areas (black areas) (4).

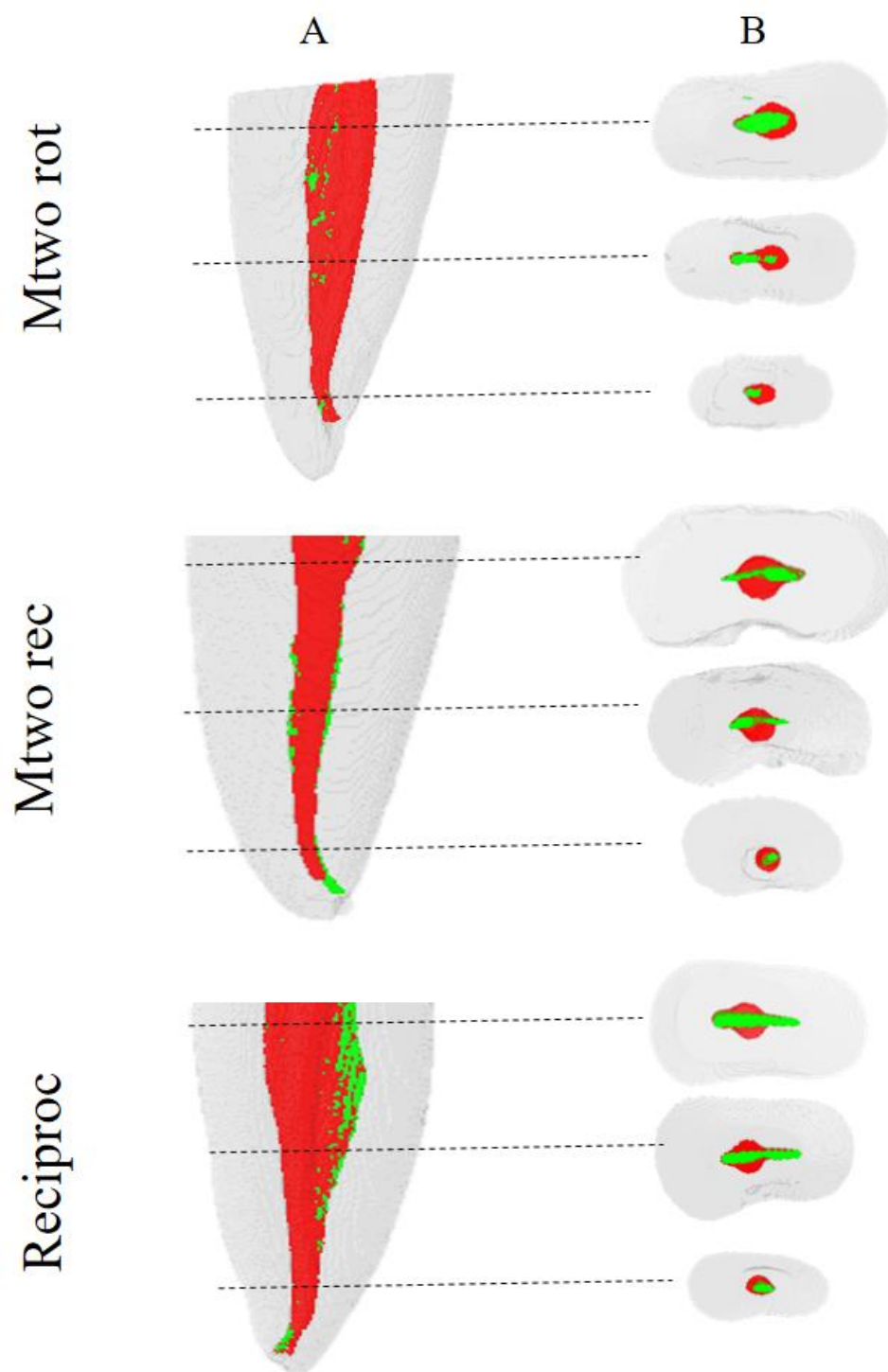


Figure 2 - (A) A lateral view of superimposed root canals before (green) and after (red) preparation. (B) Representative cross-sections of the superimposed root canals before and after preparation at the coronal, middle and apical thirds.

Discussion

The instruments used in present study are similar, with inverse helical angle. Mtwo system cuts dentin in the clockwise and Reciproc, in the counter-clockwise direction (3). The instrument Mtwo size 40/.06 has 0.40 mm as initial diameter (D0), and a continuous .06 taper along the instrument, presenting a 1.36 mm diameter at 16 mm (D16). The initial diameter of R40 is 0.40 mm and its taper is .06 up to 3 mm. However, from the third millimeter, the taper is reduced to .04. This may explain the lower increase of volume for R40 in the middle and coronal thirds, observed in the present study. The increase in volume on the flattened canals of mandibular incisors was higher when the Mtwo rec was used, in comparison with Reciproc, except in the apical third. This may be explained by the similarity between the two instruments in the first three initial millimeters.

In the present study, the continuous rotation or reciprocating kinematics not influence the cutting effect of Mtwo instruments. Mtwo system in continuous motion and adaptive motion, which combines a continuous rotation and a reciprocating motion, promotes a similar volume increase in root canals (14). Wave One single-file reciprocating motion (size 40/.08 taper) promoted a greater debridement compared with Protaper system (size 40/.06 taper) in oval root canals of mandibular incisors (15). However, the taper of both instruments are different, justifying these results.

The morphology of mandibular incisor with flattened canals promotes lower radicular thickness of root canal walls (16). The results of the present study demonstrated that the use of instruments Mtwo and Reciproc promoted a preparation with increased wear in the mesiodistal direction, decreasing dentine thickness in these regions. The single-file Mtwo size 40/.06 taper in reciprocating motion (Mtwo rec) and Mtwo system in continuous rotation (Mtwo rot) promoted greater dentin thickness reduction in mesio and distal dentine surface in the coronal third when compared with R40. Root canals prepared with Mtwo system in continuous rotation promoted less bacterial growth after 60 days, compared to reciprocating Wave One system (17). However, the longevity and survival of endodontic treated teeth depend on the thickness of the residual dentin in the radicular wall, decreasing the resistance to vertical fracture in instrumented root canals (18). A finite element analysis showed that the removal of a larger amount of the dentin

increases the radicular fracture susceptibility (19). In the present study, the reduced taper of the R40 promoted a conservative preparation in coronal third.

Root canal preparations using manual or mechanical instruments promoted the removal of mineralized tissue, producing a considerable quantity of debris (20). The anatomic complexity presented by root canals with flattened areas makes it difficult to eliminate debris (6, 8, 15), as demonstrated in the present study. The images obtained by micro-CT allowed the evaluation of the volume of a radiopaque material in the root canal after preparation, confirming the deposition of debris (10, 11). Thus, the amounts of debris are defined in micro-CT images as “pixels that were occupied by air and are filled with dentin” (6, 10, 11).

The comparison of the dentin surface before and after preparation, allow the evaluation of the surface area of the root canal left uninstrumented (10, 5, 21). The obtained results showed that the uninstrumented canal wall surface ranging from 11.89 to 21.21%. In general, the micro-CT results revealed that more than half of the dentin walls (ranging from 23.5% to 60.77%) remained uninstrumented in oval-shaped canals, irrespective of the instrumentation technique (21, 22, 7, 9). Reciproc and Mtwo rotary or reciprocating motion promoted changes in the original morphology, leaving uninstrumented canal walls in the regions of the buccal and lingual re-entrances, as previously observed using other systems (5)

The instrument Mtwo size 40/.06 used in reciprocating motion (Mtwo rec) provided a higher percentage volume of debris. Moreover, Mtwo rec also presented the highest percentage of uninstrumented canal wall surfaces along the entire extension of the canal and in the middle third of the root in comparison with Reciproc. Mandibular incisor root canals present a larger mesiodistal flattened area in the middle third of the root. Reciproc instrument has a smaller taper than the Mtwo. It presented greater penetration into the areas of re-entrances at this level of the root, reducing the uninstrumented surface area, as well as a lower level of debris accumulation. Furthermore, the M-Wire alloy provides the instrument with greater flexibility (23) and this may favor cleaning in the flattened areas during the brushing movements to the dentin walls.

Mtwo in continuous rotation (Mtwo rot) presented a smaller uninstrumented surface area than Mtwo rec. It can be justified by the use of a progressive sequence of

instruments with smaller diameter before the final preparation using a size 40/.06 taper instrument. A frequent irrigation of the canal performed at each change of instrument favored the removal of a larger amount of dentin in flattened areas, providing a higher level of debris elimination. R40 and Mtwo rot were similar with regard to percentage of uninstrumented canal wall surfaces and remaining debris. In mesial root canals of mandibular molars, which have an isthmus and flattened areas, the reciprocating action of Reciproc and Wave One have been shown to be similar to the BioRace rotary system, with regard to debris accumulation (8) and percentage of uninstrumented canal wall surfaces (21). In addition, both the preparation with Mtwo size 40/.06 taper as Reciproc R40 may increase the root canal volume at the apical third, without significantly reduction of the dentin thickness in the danger zone (24).

The apical third was the critical area for cleaning the root canal. Remaining of microorganisms and debris may be present in the uninstrumented canal walls and harm the disinfection and sealing of the root canal (20). The Mtwo rec left a higher percentage of uninstrumented root canal walls and debris accumulation in the apical third after the preparation of flattened canals of mandibular incisors. Although preparation with a single-file Mtwo in reciprocating motion was faster, Mtwo rec was less effective than Reciproc, leading to a larger uninstrumented root canal walls surface and higher level of debris accumulation.

In conclusion, Mtwo and Reciproc promoted a preparation with increased wear in the mesiodistal direction, decreasing dentine thickness in these regions. The single-file Mtwo size 40, .06 taper in reciprocating motion promoted greater volume increase and dentin thickness reduction than Reciproc R40. However, Mtwo size 40.06 taper provided a higher percentage of uninstrumented canal walls and remaining debris and dentin thickness reduction in flattened root canals of mandibular incisor. The time of preparation was lower using the Reciproc R40.

Acknowledgements Supported by “Fapesp - Foundation for Research Support of the State of São Paulo” (process number 2015/03437-6), CNPq - National Counsel of Technological and Scientific Development” (process number 141601/2013-2)

Declaration of Conflict of Interest: The authors declare that they have no conflict of interest.

3 PUBLICAÇÃO 2

Efeito do preparo com Mtwo ou Reciproc e do cimento obturador na obturação de canais achatados. Análise por micro-CT

*Artigo formatado segundo as normas do periódico International Endodontic Journal

Resumo

Objetivo Avaliar o efeito do preparo com Mtwo ou Reciproc e do cimento obturador na obturação de canais achatados após obturação por condensação lateral.

Metodologia Foram utilizados canais radiculares achatados de 48 incisivos inferiores preparados com Mtwo até instrumento #40.06 (Mtwo rot) ou Reciproc R40 (R40). A obturação após cada preparo foi realizada com AH Plus (AHP, n=12) ou Neo MTA Plus (NP n=12)] pela técnica de condensação lateral ativa. Os dentes foram escaneados em micro-CT antes e após obturação. O volume de material obturador e de falhas foi avaliado na extensão total e por terços radiculares. Todas as amostras foram seccionadas a 2, 4, 6, 8 e 10 mm do ápice radicular para a avaliação da área do preparo, material obturador e falhas na obturação. Os resultados foram comparados estatisticamente por teste t não pareado e ANOVA e Tukey, com nível de significância de 5%.

Resultados Maior percentual de falhas na obturação foi observada no terço apical e médio radiculares ($p<0.05$). AHP apresentou maior preenchimento que NP nos terços médio e apical após preparo Mtwo ($p<0.05$). NP mostrou mais falhas no terço apical com preparo R40 ($p<0.05$). O preparo com Mtwo proporcionou menos falhas no terço apical com ambos os cimentos ($p<0.05$). Não houve diferença quanto ao percentual de guta-percha, cimento e falhas na obturação para os dois materiais ($P<0.05$).

Conclusão a obturação com AH Plus mostrou maior capacidade de preenchimento que Neo MTA Plus nos canais achatados de incisivos inferiores no terço médio e apical após preparo com Mtwo. O preparo com Mtwo 40.06 foi mais amplo que com R40, favorecendo a obturação do terço apical na técnica de condensação lateral ativa com ambos os cimentos endodônticos avaliados.

Palavras-chave: Condensação lateral, imagem de microtomografia computadorizada, Neo MTA Plus, obturação do canal radicular

Keywords: Lateral compaction, Micro-Computed Tomography, Neo MTA Plus, root canal filling, root canal obturation

Introdução

O sucesso do tratamento endodôntico depende do preparo e do selamento do canal radicular com o objetivo de manter ou estabelecer a saúde da região periapical (Whitworth 2005). A obturação é usualmente realizada pela associação de um material sólido como a gutta-percha e um cimento endodôntico, que tem a função de preencher o espaço entre a gutta-percha e as paredes dentinárias, promovendo o adequado selamento (Schilder 2006).

Canais radiculares achatados observados em incisivos inferiores, pré molares e canais mesiais de molares, apresentam áreas de estreitamentos que dificultam a limpeza durante o preparo, e algumas superfícies dentinárias podem permanecer não instrumentadas (De-Deus *et al.* 2015), com acúmulo de debris (Barbizam *et al.* 2002; Freire *et al.* 2015). Os incisivos inferiores apresentam os canais achatados no sentido méso-distal, com áreas de estreitamento acentuado vestibulo-lingual. Durante o preparo destes canais, a anatomia original é alterada pelos instrumentos endodônticos, os quais promovem o surgimento de uma protuberância no sentido méso-distal, reduzindo a espessura dentinária nestas regiões (Rasquin *et al.* 2007). Nesta etapa do tratamento, o tipo de preparo e os instrumentos utilizados podem influenciar na obturação dos canais radiculares (Kierklo *et al.* 2015; Schafer *et al.* 2016).

Neo MTA Plus é um cimento a base de silicato de cálcio, com formulação semelhante ao MTA Plus. Neo MTA Plus apresenta como radiopacificador o óxido de tântalo, enquanto que o óxido de bismuto está presente no MTA Plus (Camilleri 2015). Neo MTA Plus, além de ser indicado em pulpotomias, selamento de perfurações e material retrobturador, pode ser utilizado como cimento obturador com maior proporção de gel (Camilleri 2015), apresentando bom escoamento e capacidade de penetração em túbulos dentinários (McMichael *et al.* 2016). A capacidade de escoamento e penetração em túbulos dentinários melhora a adaptação do material obturador às paredes radiculares (Wang *et al.* 2014) e pode favorecer o selamento após a obturação.

A técnica de obturação por condensação lateral ativa é amplamente utilizada (Leonardo *et al.* 2009; Kandemir Demirci & Caliskan 2016). Entretanto, esta técnica pode levar ao surgimento de falhas na obturação (Naseri *et al.* 2013; Schafer *et al.* 2016). A anatomia de canais achatados pode dificultar ainda mais o completo selamento pela obturação. O objetivo do estudo é avaliar o efeito do preparo com Mtwo ou Reciproc e do cimento obturador na obturação de canais achatados usando condensação lateral. A

hipótese nula é que não há diferença quanto ao percentual de falhas na obturação utilizando os diferentes preparos e cimentos endodônticos.

Material e método

Seleção dos dentes

Foram utilizados 48 incisivos inferiores com canais únicos e achatados, obtidos do Banco de dentes da Faculdade de Odontologia de Araraquara, FOAr - UNESP e aprovados pelo Comitê de Ética em pesquisa em humanos da mesma (CAAE 49889215.9.0000.5416) (Anexo A). Para a seleção dos dentes, todos os espécimes foram analisados por meio de radiografia digital (Kodak RVG 6100 Digital Radiography System, França) e as dimensões vestibulo-lingual e méso-vestibular dos canais foram mensuradas nas imagens digitais no software CTAn (V1.15.4.0; SkyScan, Bélgica). Foram selecionados os dentes que apresentaram, na altura da metade da porção radicular, um proporção vestibulo-lingual e méso-distal igual ou maior que 4, representando um canal achatado (Jou *et al.* 2004; Rechenberg & Paque 2013). Os canais achatados selecionados apresentaram diâmetro anatômico correspondente no máximo a uma lima K#20 (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suíça). Os dentes foram observados inicialmente por estereomicroscopia sob um aumento de 25 vezes, para a exclusão de espécimes com linhas e fraturas pré-existent.

Os dentes foram mantidos em hipoclorito de sódio a 2,5% durante 48 horas para sua descontaminação. Após esse período, os mesmos foram imersos em água destilada por 24 horas, para remoção parcial de hipoclorito de sódio. Cada raiz foi envolta por uma fina camada de material de impressão fluido (Oranwash L, Zermack, Rovigo, Italia) e inserida em resina acrílica em poços individuais, simulando o ligamento periodontal, como sugerido anteriormente (Adorno *et al.* 2009; Liu *et al.* 2013; De Deus *et al.* 2014; Ceyhanli *et al.* 2016), e adaptado para este trabalho.

Os espécimes foram escaneados inicialmente (escaneamento inicial) por meio de microtomografia computadorizada (Micro-CT), utilizando o microtomógrafo SkyScan 1176 (Bruker-microCT, Kontich, Bélgica) a 70 KV e 557 μ A, resolução de 17.48 μ m, 360° em torno do eixo vertical de cada amostra, com intervalo de rotação de 0,5° e um tempo de exposição de 7.000 milissegundos. O filtro de alumínio com 0.5 mm de

espessura foi utilizado. A reconstrução das imagens foi realizada no software NRecon (V1.6.10.4; SkyScan, Bélgica) utilizando parâmetros de correção “beam hardening correction” em 40%, “pos-alignment” em 0.5 e “ring artifact correction” em 10, proporcionando melhorias significativas na qualidade das imagens reconstruídas.

As imagens reconstruídas foram analisadas em 3D utilizando o software CTAn. Durante a primeira análise, os dentes que apresentaram bifurcação, canais acessórios, trincas ou qualquer alteração nos padrões de normalidade foram substituídos.

Preparo dos canais radiculares

Após abertura coronária, os canais foram explorados com lima K#10. A patência apical foi determinada introduzindo um instrumento tipo K#10 ao canal radicular até que a sua ponta se tornasse visível no forame e o Comprimento Real de Trabalho (CRT) foi determinado subtraindo 1 mm desta medida. Os dentes foram divididos em 2 grupos: 1: Instrumentos Mtwo até #40.06 com movimento rotatório (n=24); 2: Instrumento Reciproc R40 com movimento reciprocante (n=24).

Para o grupo 1, a instrumentação rotatória com Mtwo foi realizada inicialmente em incrementos, preparando o terço cervical com o instrumento #25.07, seguido pelo #25.06 no terço médio e #20.06 no terço apical. Em seguida, o batente apical foi alargado com a sequência #25.06, #30.04, #35.05, #40.04 e finalização com instrumento #40.06. Os instrumentos foram acoplados em contra-ângulo do motor VDW Silver Silver (Reciproc®, VDW, Munique, Alemanha) e os parâmetros de calibração e ajuste do motor foram definidos seguindo o protocolo preconizado pelo fabricante de acordo com a especificação para cada instrumento. A cada troca de instrumento, os canais foram irrigados com 2 ml de hipoclorito de sódio 2,5%. Uma sequência nova de instrumentos foi utilizada para o preparo de 3 dentes e foi descartado.

No grupo 2, os canais foram preparados com Reciproc R40 com o motor VDW Silver, e os parâmetros de calibração e ajuste do motor seguiram o protocolo preconizado pelo fabricante, girando 150° em sentido anti-horário (ação de corte) e 30° em sentido horário (liberação do instrumento). Durante o preparo, o instrumento R40 foi levado ao canal radicular em três incrementos, correspondendo ao preparo do terço cervical, médio e apical com movimentos de pincelamento contra as paredes dos canais radiculares. No

terço apical, o instrumento R40 foi levado até o comprimento de trabalho. Um novo instrumento R40 foi usado para o preparo de cada um dos canais.

A cada troca de instrumento (Mtwo) ou após o preparo de cada terço radicular (Reciproc) os canais radiculares foram irrigados com 2 mL de NaOCl 2.5% usando seringa de irrigação com agulha Endo Eze irrigator tip (Ultradent Products Inc., South Jordan, UT, EUA). Ao final do preparo, os canais foram irrigados com 5mL de NaOCl 2.5%, seguido de irrigação final com 2 mL de EDTA 17%. Os canais permaneceram preenchidos por EDTA durante 3 minutos, com agitação manual por 30 segundos com um instrumento tipo K#40. Irrigação final foi realizada com 3 mL de Tergentol (Biodinâmica, Ibiporã, PR, Brasil). O tempo de preparo foi anotado. Um mesmo operador realizou toda a etapa laboratorial.

Após o preparo, os dentes foram escaneados em micro CT (escanamento pós preparo) seguindo os mesmos parâmetros iniciais. A reconstrução das imagens foi realizada no software NRecon, repetindo os mesmos ajustes nas ferramentas “beam hardening correction”, “post alignment” e “ring artifacts reduction” usados nas imagens iniciais.

Obturação dos canais

Os grupos de preparo (1, 2 e 3) foram subdivididos para a obturação com dois diferentes cimentos: Nos subgrupos A, os canais foram obturadas com AH Plus (AHP n=12) e nos subgrupos B, com Neo MTA Plus (NP n=12). Após a prova e o ajuste do cone principal #40 com conicidade 0.02 no CRT, o cimento endodôntico, manipulado de acordo com as instruções dos respectivos fabricantes, foi inserido nos canais radiculares com o auxílio de uma lima K#40, utilizando repetidos movimentos de inserção do material e pincelamento contra as paredes, sendo o instrumento removido do canal ao ser girado em sentido anti-horário. Em seguida, o cone principal foi envolvido por cimento endodôntico e introduzido até o CRT.

Todos os canais foram obturados pela técnica de condensação lateral ativa. Durante a obturação, foi utilizado um espaçador digital B (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suíça) e cones acessórios R7 (Tanari Ind. Ltda, Manaus, AM, Brasil). A força utilizada durante a condensação lateral foi controlada por uma balança eletrônica de modo padronizado em todos os dentes, utilizando uma força máxima de 1,5 Kg. Os cones

acessórios foram envolvidos em cimento e inseridos nos espaços criados pelo espaçador, até o momento em que o espaçador digital passou a penetrar apenas no terço cervical do canal radicular, indicando o seu preenchimento pelo material obturador. Após a obturação, o excesso de guta-percha foi cortado com tesoura, seguido pela sua remoção utilizando um condensador de Paiva Paiva nº 2 aquecido

Todas as amostras foram escaneadas em micro-CT para a análise após obturação (escaneamento pós obturação) com parâmetros do microtomógrafo ajustados em 70 KV e 557 μ A, resolução de 17.48 μ m, 360° em torno do eixo vertical de cada amostra, com rotator de 0,5° e um tempo de exposição de 7.000 milissegundos. O filtro de cobre + alumínio foi utilizado.

Análise da obturação por Micro-CT

Após o escaneamento “pós” obturação, as imagens foram reconstruídas no software NRecon. Foram realizados testes para definição dos parâmetros adequados das imagens, ajustando as ferramentas “*Ring artifacts reduction*”, “*Beam hardening*” e “*Smoothing*”, proporcionando melhorias significativas na qualidade das imagens reconstruídas, padronizando os valores em 10, 40% e 1, respectivamente, para todas as amostras. Após a reconstrução das imagens, as mesmas foram sobrepostas pelo software Data Viewer (V1.5.2.4; SkyScan, Bélgica) para o correto registro das imagens “pós preparo” (dada como “Reference”) e “pós obturação” (dada como Target), afim de alinhá-las geometricamente.

As imagens “pós preparo” e “pós obturação” foram salvas em corte transversal e abertas em software CTan. Para todas as amostras, a primeira secção que não mostrou o esmalte no terço cervical foi definida como “bottom” e o primeiro corte apical onde foi possível visualizar a raiz, foi selecionado como “top”. Em seguida, a região de interesse (ROI) foi criada em todas as secções transversais e a integração das regiões de interesse em todos os cortes selecionados de cada amostra foi definida como volume de interesse (VOI), e salvo como um novo conjunto de imagens para cada amostra.

O VOI das amostras preparadas foram abertas concomitantemente no software CTan, para a avaliação das secções transversais quanto a análise volumétrica do canal e material obturador, bem como a criação de um modelo 3D. Para as análises quantitativas,

o intervalo na escala de cinza necessário para reconhecer o objeto (canal preparado e material obturador), foi determinado um histograma de densidade, processo denominado binarização ou segmentação. Assim, foi obtido uma imagem final binária, composta por pixels pretos que representam espaços vazios, ou brancos, que representam o objeto de interesse nas imagens “pós preparo” e “pós obturação”.

Uma análise personalizada das imagens, onde funções diversas e operações matemáticas e lógicas foram executadas através da criação de “task lists” ou lista de tarefas, afim de segmentar e mensurar o canal radicular e o material obturador, nas imagens pós preparo e pós obturação, respectivamente. O resultado final deste processo foi a análise volumétrica do canal preparado e material obturador na extensão total e por terços radiculares. A partir dos dados quantitativos obtidos na análise, foi calculado: o percentual de material obturador $[(\text{volume do material obturador} \times 100) / \text{volume do canal}]$ e percentual de falhas na obturação $[(\text{volume do canal} - \text{volume do material obturador}) \times 100 / \text{volume do canal}]$.

A análise estatística foi realizada pelo teste t não pareado para a comparação entre grupos e ANOVA e Tukey para a comparação entre os terços radiculares ($P > 0.05$).

Análise da obturação por microscopia invertida digital

Após obturação e escaneamento em micro-CT, todos os dentes foram fixados perpendicularmente em uma lâmina de acrílico (25x75x1,5mm) e foram seccionadas com uma fita impregnada com partículas de diamante (D64, Exakt Advanced Technologies GmbH, Nordestedt, Schleswing-Holstein, Alemanha) em micrótomo para tecido duro (EXACT Diamond Band Device 300 CP, Exakt Advanced Technologies GmbH Nordestedt, Schleswing-Holstein, Alemanha) em cortes localizados a 2, 4, 6, 8 e 10 mm do ápice radicular e analisadas em microscópio invertido digital (Olympus MIC-D, Philippines) em aumento de 75 X.

Todas as amostras obturadas foram avaliadas quanto a área do canal, guta-percha, cimento e espaços vazios, por meio da mensuração em programa Image Tool® (UTHSCSA, EUA). A partir da análise quantitativa, foi calculado o percentual de guta-percha $(\text{área de guta-percha} \times 100 / \text{área do canal})$, área de espaços vazios $(\text{área de falhas}$

x 100 / área do canal) e área de cimento (área do canal – área de guta-percha – área de falhas) em cada secção.

Resultados

O aumento de volume dos canais preparados com Mtwo 40.06 foi maior que o preparo obtido com R40 ($P > 0.05$) (Tabela 1). Maior percentual de falhas na obturação foram observados nos terços apical e médio radiculares, com ambos os cimentos (Tabela 2). Quando os canais foram preparados com Mtwo, houve menor percentual de falhas com o cimento AHP na extensão total, terços médio e apical ($p < 0,05$) (Tabela 2). Nos preparos realizados com R40, não houve diferença entre os cimentos ($p > 0,05$) (Tabela 2). O preparo realizado com Mtwo favoreceu o maior selamento apical para ambos os cimentos ($p < 0,05$) (Tabela 3). Não foi observado diferenças significativas quanto a área de guta-percha, cimento e falhas na obturação usando AHP ou NP ($P > 0.05$) (Tabela 4).

Tabela 1: Médias e desvio padrão do percentual de aumento de volume de canais achatados preparados com sistema rotatório Mtwo (40.06) e reciprocante Reciproc R40.

Grupos de preparo dos canais radiculares			
		Mtwo rot	R40
Total	IV	3.80 (± 1.82) ^a	4.41 (± 1.27) ^a
	% V	130.30 (± 95.88) ^a	63.39 (± 50.25) ^b
Coronal	IV	2.53 (± 1.25) ^a	3.00 (± 0.99) ^a
	% V	116.70 (± 112.00) ^a	50.24 (± 18.26) ^b
Middle	IV	0.980 (± 0.53) ^a	1.074 (± 0.40) ^a
	% V	166.5 (± 93.69) ^a	104.0 (± 46.49) ^b
Apical	IV	0.291 (± 0.131) ^a	0.320 (± 0.120) ^a
	% V	191.90 (± 124.90) ^a	103.1 (± 50.99) ^b

Test t não pareado ($P < 0.05$). VI: Volume inicial dos canais; %V: percentual de aumento de volume. Diferentes letras minúsculas na mesma linha indicam diferença significativa estatisticamente ($P < 0.05$).

Tabela 2: Médias e desvio padrão do percentual de falhas na obturação por condensação lateral ativa com diferentes cimentos endodônticos após preparo com sistema rotatório Mtwo (40.06) ou recíprocante Reciproc R40.

% falhas	Mtwo 40.06		R40	
	AH Plus	Neo MTA Plus	AH Plus	Neo MTA Plus
Total	4.957 (± 2.407) ^A	7.919 (± 3.862) ^B	6.966 (± 3.319) ^A	9.381 (± 5.218) ^A
Cervical	2.924 (± 2.579) ^{Aa}	2.505 (± 1.953) ^{Aa}	3.864 (± 4.337) ^{Aa}	4.337 (± 3.665) ^{Aa}
Médio	8.172 (± 4.888) ^{Ab}	13.39 (± 6.125) ^{Bc}	9.507 (± 4.495) ^{Ab}	15.720 (± 11.09) ^{Ab}
Apical	4.600 (± 2.925) ^{Aab}	7.410 (± 2.113) ^{Bb}	9.642 (± 5.456) ^{Ab}	13.780 (± 6.470) ^{Ab}

Teste t não pareado ($P < 0.05$): As letras maiúsculas diferentes na mesma linha em cada tipo de preparo indicam diferença significativa entre os cimentos ($P < 0.05$). ANOVA e Tukey ($P < 0.05$): As letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa entre os terços radiculares ($P < 0.05$).

Tabela 3: Médias e desvio padrão do percentual de falhas na obturação por condensação lateral ativa com cimento AH Plus após o preparo de canais achatados utilizando sistema rotatório Mtwo (40.06) ou recíprocante R40.

% falhas	AH Plus		Neo MTA Plus	
	Mtwo 40.06	R40	Mtwo 40.06	R40
Total	4.957 (± 2.407) ^A	6.966 (± 3.319) ^A	7.919 (± 3.862) ^A	9.381 (± 5.218) ^A
Cervical	2.924 (± 2.579) ^{Aa}	3.864 (± 4.337) ^{Aa}	2.505 (± 1.953) ^{Aa}	4.337 (± 3.665) ^{Aa}
Médio	8.172 (± 4.888) ^{Ab}	9.507 (± 4.495) ^{Ab}	13.390 (± 6.125) ^{Ac}	15.72 (± 11.09) ^{Ab}
Apical	4.600 (± 2.925) ^{Aab}	9.642 (± 5.456) ^{Bb}	7.410 (± 2.113) ^{Ab}	13.78 (± 6.470) ^{Bb}

Teste t não pareado ($P < 0.05$): As letras maiúsculas diferentes na mesma linha em cada cimento indicam diferença significativa entre os tipos de preparo ($P < 0.05$). ANOVA e Tukey ($P < 0.05$): As letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa entre os terços radiculares ($P < 0.05$).

Tabela 4: Médias e desvio padrão do percentual de guta-percha, cimento e falhas na obturação após preparo com Mtwo 40.06 ou Reciproc R40

	Mtwo 40.06						Reciproc R40					
	Guta percha		Cimento		Falhas *		Guta percha		Cimento		Falhas *	
	AHP	NP	AHP	AHP	NP	AHP	AHP	NP	AHP	AHP	NP	AHP
2mm	75,28 (±14,24)	71,25 (±17,84)	24,45 (±14,34)	28,25 (±17,34)	0,25 (±0,54)	0,94 (±0,90)	81,29 (±6,31)	75,97 (±11,50)	18,28 (±6,25)	21,70 (±12,33)	0,48 (±1,08)	2,31 (±3,60)
4mm	76,19 (±13,85)	65,05 (±9,31)	22,91 (±13,49)	33,06 (±10,72)	0,88 (±0,91)	1,88 (±1,91)	77,80 (±10,40)	70,64 (±11,04)	21,46 (±9,76)	28,48 (±10,94)	0,73 (±1,14)	0,87 (±1,80)
6mm	76,87 (±11,07)	70,19 (±12,70)	22,08 (±10,90)	28,76 (±12,69)	1,03 (±1,84)	1,03 (±1,16)	77,77 (±10,79)	77,95 (±9,89)	20,35 (±10,03)	20,68 (±9,75)	1,49 (±2,00)	1,36 (±2,15)
8mm	71,46 (±11,29)	74,21 (±10,97)	27,93 (±11,36)	25,26 (±10,57)	0,59 (±1,12)	0,52 (±0,73)	81,75 (±81,87)	77,27 (±9,67)	16,94 (±7,82)	21,72 (±9,29)	1,30 (±2,98)	1,00 (±0,88)
10mm	83,75 (±7,36)	82,57 (±9,41)	15,90 (±7,13)	16,58 (±9,57)	0,33 (±0,60)	0,83 (±1,26)	82,39 (±8,43)	82,85 (±6,07)	16,62 (±7,29)	16,45 (±6,10)	0,98 (1,36)	0,69 (±1,12)

Teste t não pareado ($P < 0.05$). Não houve diferença significativa entre os cimentos em cada nível radicular. *Mann Witney Test ($P < 0.05$). Não houve diferença significativa entre no percentual de falhas com ambos em cada nível radicular.

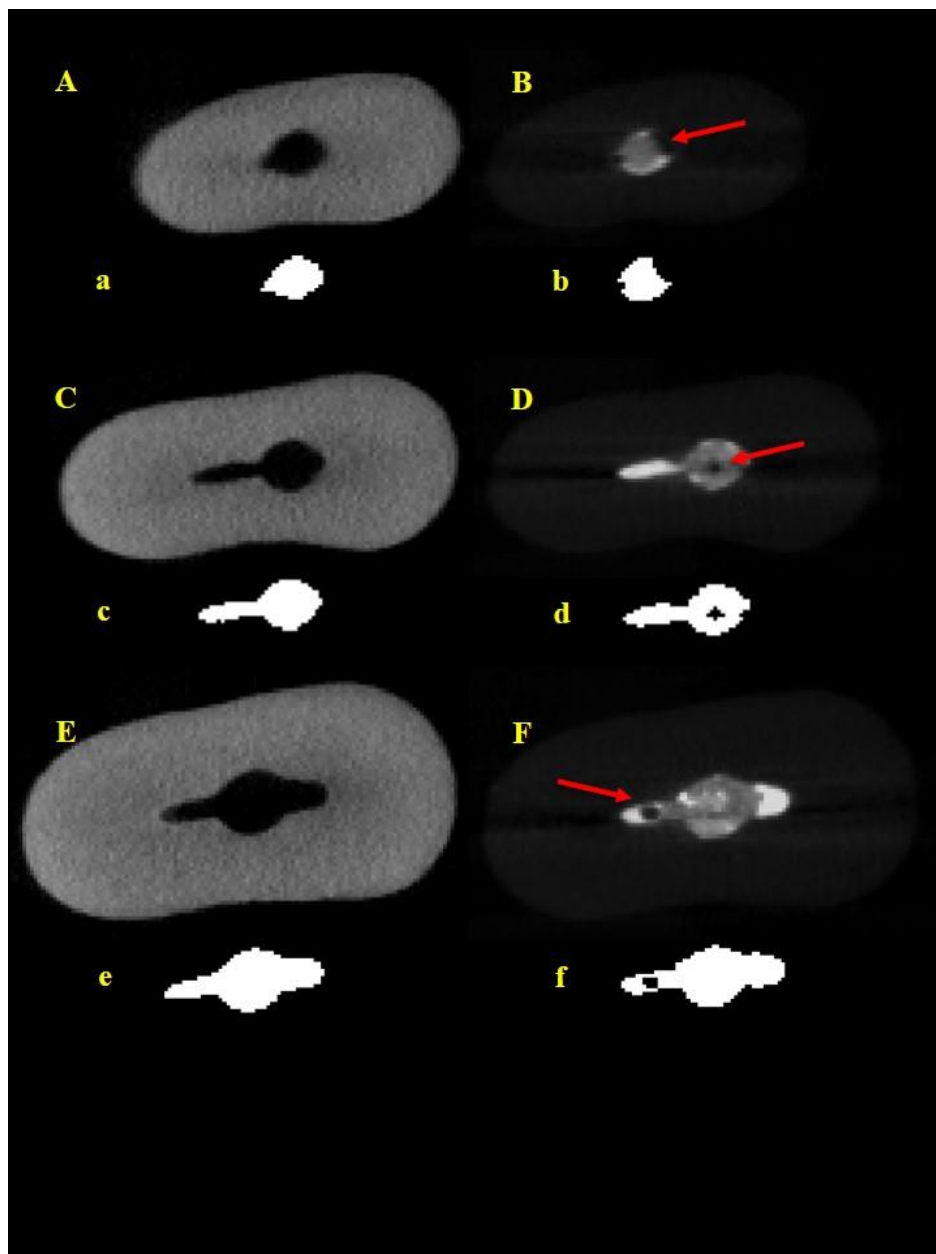


Figura 1 Secções transversais das imagens de micro-CT de uma amostra preparada com R40 e obturada com AH Plus. As letras maiúsculas mostram as imagens obtidas por micro-CT após preparo (A, C, E) e obturação (B, D, F) em cada terço radicular. As letras minúsculas mostram a segmentação do canal e obturação nos terços cervical (a, b), médio (c, d) e apical (e, f). Falhas na obturação estão indicadas pelas setas nas imagens de micro-CT

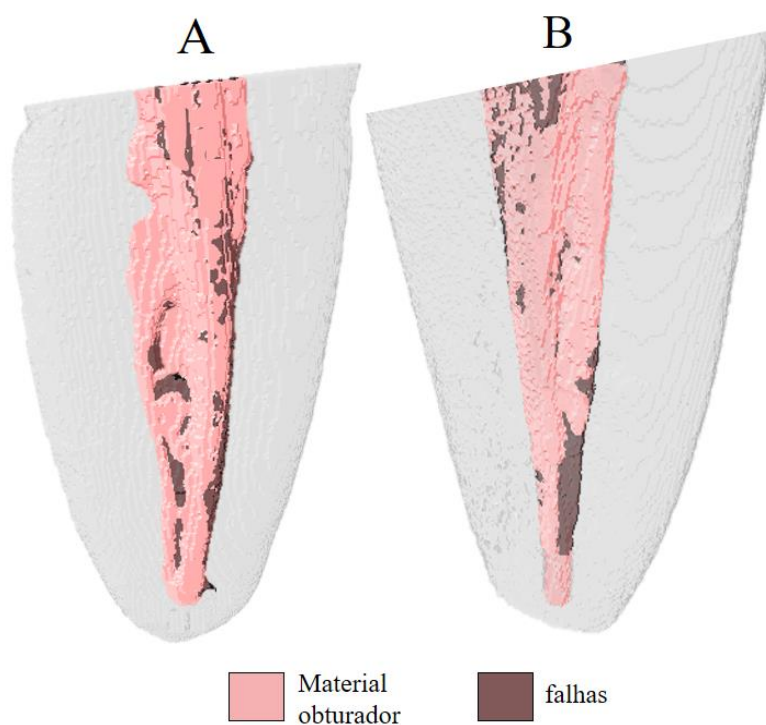
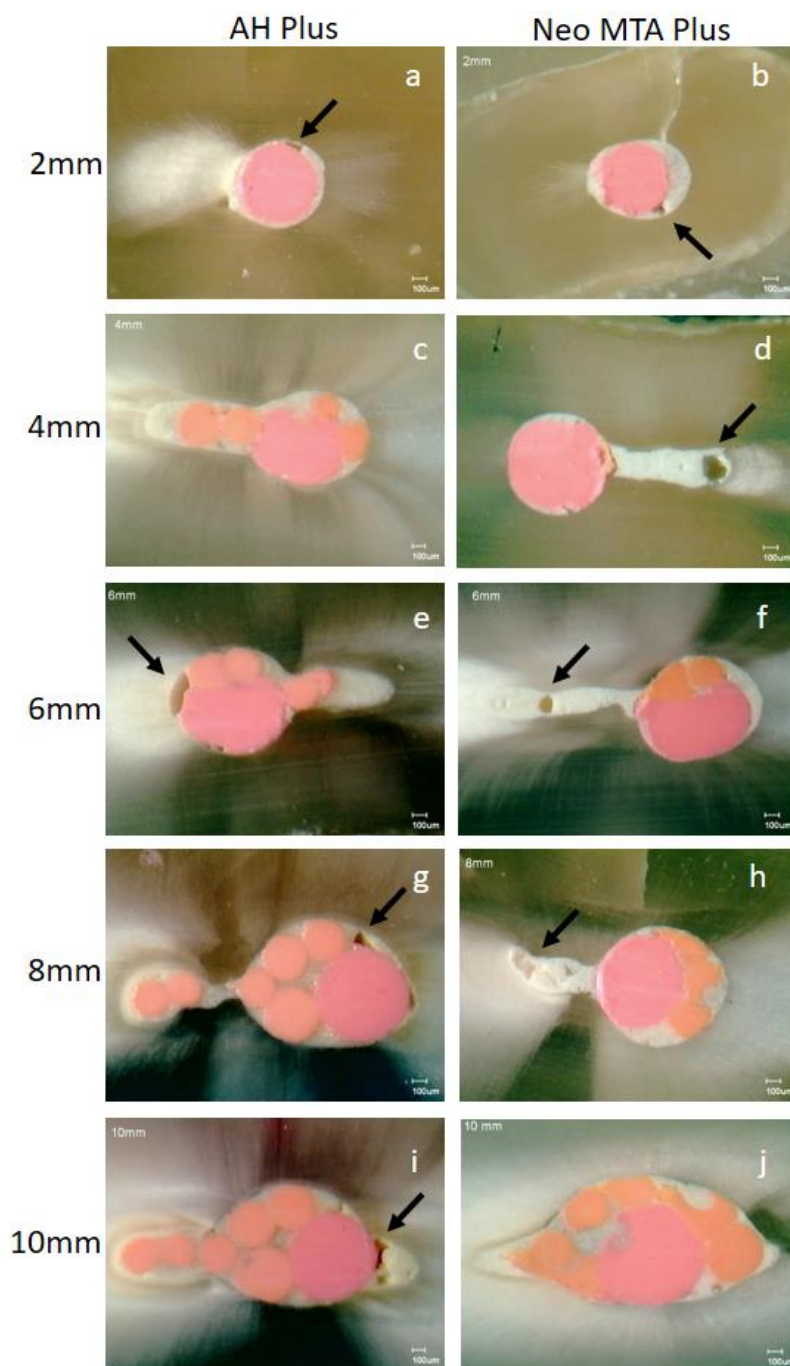


Figura 2 Vista lateral no sentido vestibulo-lingual de uma amostras dos canais radiculares obturados **A:** Canal preparado com Mtwo 40.06 e obturado com AH Plus. **B:** Canal preparado com Reciproc R40 e obturado com Neo MTA Plus.

Figura 3: Microscopia digital de cortes radiculares a 2, 4, 6, 8 e 10 mm após obturação por condensação lateral ativa com diferentes cimentos endodônticos



Aumento de 75x. Cortes transversais dos canais obturados com guta-percha e os cimentos avaliadados. a) Preparo do canal com Mtwo 40.06; b) Preparo do canal com R40; c) Preparo do canal com Mtwo 40.06; d) Preparo do canal com R40; e) Preparo do canal com Mtwo 40.06. f) Preparo do canal com R40; g) Preparo do canal com R40; h) Preparo do canal com R40; i) Preparo do canal com R40; j) Preparo do canal com Mtwo 40.06. As setas indicam as regiões de falhas.

Discussão

Maior percentual de guta-percha no canal obturado e quantidade mínima de cimento obturador (Schafer *et al.* 2016) é desejável, uma vez que o cimento pode sofrer contração ou dissolução ao longo do tempo (Viapiana *et al.* 2014) em relação à guta-percha (Whitworth 2005).

A microtomografia vem sendo utilizada para a avaliação tridimensional do preparo e obturação do canal radicular, por meio de secções transversais (Moeller *et al.* 2013), ou quantificação da área, volume de material obturador e espaços vazios (Keles *et al.* 2014; Li *et al.* 2014; Wolf *et al.* 2014; Alshehri *et al.* 2016; Viapiana *et al.* 2016).

A incidência de falhas na obturação pode ser influenciada pela morfologia do sistema de canais, qualidade do preparo, técnica de obturação, cimento endodôntico e experiência do operador (Moeller *et al.* 2013; Araujo *et al.* 2016; Schafer *et al.* 2016; Viapiana *et al.* 2016). No presente estudo, um único operador realizou todas as etapas de preparo e obturação. Em relação ao achatamento apresentado pelos canais radiculares, as imagens obtidas por micro-CT mostraram alterações na anatomia após o preparo, com presença de áreas maiores no sentido vestibulo-lingual (Figura 1).

No presente estudo, uma análise inicial nas imagens de micro-CT após a instrumentação dos canais achatados mostrou maior aumento de volume após o preparo com Mtwo ($P > 0.05$). Os resultados mostraram falhas na obturação em todas as amostras, independente do cimento utilizado ou tipo de preparo, corroborando com outros estudos (Moeller *et al.* 2013; Naseri *et al.* 2013; Keles *et al.* 2014). A anatomia apresentada pelos canais achatados pode dificultar o completo preenchimento durante a obturação nas áreas no sentido vestibulo-lingual. Além disso, a técnica de obturação por condensação lateral ativa, apesar de efetividade clínica (Kandemir Demirci & Caliskan 2016) pode induzir a falhas na obturação e criação de espaços durante a condensação dos cones acessórios (Naseri *et al.* 2013; Li *et al.* 2014).

A avaliação por micro-CT da obturação por condensação lateral ativa em caninos, pré molares e molares mostrou percentual de falhas acima de 60% dos cortes transversais avaliados (Moeller *et al.* 2013). Um percentual de falhas de 4.26, 6.11, 3.09 e 3.09% foram observadas na extensão total, terço cervical, médio e apical, respectivamente (Keles *et al.* 2014). Canais ovais de pré molares obturados por condensação lateral

mostraram, durante análise microtomográfica, percentuais de falhas de aproximadamente 3, 3.5, 2.5, 3.5% de falhas na extensão total, entre 0 e 4 mm do comprimento de trabalho, entre 4 e 8 mm do comprimento de trabalho e entre 8 e 12 mm do comprimento de trabalho, respectivamente (Li *et al.* 2014).

A técnica de instrumentação pode favorecer a obturação proporcionando maior selamento dos canais radiculares. O preparo de canais de pré molares inferiores com instrumentos manuais proporciona maior porcentagem de falhas na obturação localizadas próximas as paredes dentinárias com a técnica de condensação lateral (Kierklo *et al.* 2015). Instrumentos mecanizados apresentando alta conicidade promove maior aumento de volume dos canais (Coelho *et al.* 2016) e pode beneficiar o preenchimento do canal durante a obturação. O bom selamento do terço apical apresenta relevância para o sucesso do tratamento endodôntico. Além das características do preparo, o tipo de cimento e a técnica de obturação podem influenciar diretamente no selamento apical (Araujo *et al.* 2016; Viapiana *et al.* 2016).

Na avaliação por micro-CT no presente estudo, maior percentual de falhas foram observados nos terços médio e apical, variando entre 4 a 15%. O preparo com Mtwo favoreceu menores índices de falhas no terço apical quando AH Plus e Neo MTA Plus foi utilizado. O percentual de falhas nos terços médio e apical verificados no presente estudo mostra-se superior aos verificados por Keles *et al.* e Li *et al.* (2014). A dificuldade de preenchimento observada no presente estudo pode ser atribuída a anatomia apresentada por canais achatados de incisivos inferiores, os quais apresentam maior proporção no diâmetro vestibulo-lingual / mesio-distal (Wu *et al.* 2000), nos terços apical e médio radiculares. Estas áreas de achatamentos dificultam o completo selamento, sendo necessário um bom escoamento do cimento para o preenchimento (Figura 3 – d, e, f, h).

Neo MTA Plus é um cimento que apresenta as mesmas indicações que o MTA Plus, podendo ainda ser usado como cimento obturador do canal radicular com maior quantidade do gel durante a manipulação (Camilleri 2015). A sua capacidade de penetração em túbulos dentinários a 1 e 5 mm do ápice radicular, quando as técnicas de cone único ou condensação vertical com guta-percha aquecida foi demonstrada (McMichael *et al.* 2016). As características apresentadas durante a manipulação e uso do Neo MTA Plus no presente estudo mostraram maior consistência e menor tempo de

trabalho que o AH Plus, o que pode ter acarretado em maior percentual de falhas no terço médio e / ou apical com o novo cimento (Figura 3: b, d, f)

Estudo por estereomicroscopia comparando o preparo de canais ovais com Mtwo 40.04 e R40 e obturação por condensação lateral e cimento AH Plus não demonstrou diferença no percentual de falhas na obturação após os diferentes tipos de preparo (Schafer *et al.* 2016). No presente estudo, o sistema Mtwo (40.06) permitiu um preparo mais amplo e com maior conicidade quando comparado ao R40, em função da sua conicidade constante 0.06. O instrumento único R40 apresenta conicidade 0.06 apenas nos primeiros 3 mm iniciais, sendo reduzida sua conicidade para 0.04 a partir do terceiro milímetro. Assim, o maior aumento de volume durante o preparo com Mtwo (40.06) favoreceu o maior preenchimento por material obturador no terço apical, acarretando em menos falhas na obturação (Figura 3: c-d).

No presente estudo, a área de cimento, guta percha e falhas para os dois cimentos foram similares nas análises por microscopia, com os diferentes tipos preparos. Altos percentuais de guta-percha foram verificados devido o uso da condensação lateral (Schafer *et al.* 2012; Schafer *et al.* 2013; Schafer *et al.* 2016). A análise por microscopia nos cortes radiculares, apesar de ser usada frequentemente (Schafer *et al.* 2012; Schafer *et al.* 2013; Li *et al.* 2014; Schafer *et al.* 2016), apresenta algumas limitações. Alterações no material obturador podem influenciar na mensuração de falhas na obturação durante o corte radicular, embora seja utilizado resfriamento e limpeza da superfície (Schafer *et al.* 2013; Schafer *et al.* 2016). Além disso, os cortes transversais radiculares nos permite uma análise bidimensional das secções, não representando o que ocorre ao longo do terço radicular, como foi observado na análise tridimensional por micro-CT.

Conclusão

Dentre as limitações do presente estudo, a obturação com AH Plus mostrou maior capacidade de preenchimento que Neo MTA Plus nos canais achatados de incisivos inferiores no terço médio e apical após preparo com Mtwo. O preparo com Mtwo 40.06 foi mais amplo que com R40, favorecendo a obturação do terço apical na técnica de condensação lateral ativa com ambos os cimentos endodônticos avaliados.

Referências

- Adorno CG, Yoshioka T, Suda H (2009) The effect of root preparation technique and instrumentation length on the development of apical root cracks. *J Endod* **35**(3), 389-392.
- Alshehri M, Alamri HM, Alshwaimi E, Kujan O (2016) Micro-computed tomographic assessment of quality of obturation in the apical third with continuous wave vertical compaction and single match taper sized cone obturation techniques. *Scanning* **38**(4), 352-356.
- Araujo VL, Souza-Gabriel AE, Cruz Filho AM, Pecora JD, Silva RG (2016) Volume of sealer in the apical region of teeth filled by different techniques: a micro-CT analysis. *Braz Oral Res* **30**(Epub 2016 Mar 28).
- Barbizam JV, Fariniuk LF, Marchesan MA, Pecora JD, Sousa-Neto MD (2002) Effectiveness of manual and rotary instrumentation techniques for cleaning flattened root canals. *J Endod* **28**(5), 365-366.
- Camilleri J (2015) Staining Potential of Neo MTA Plus, MTA Plus, and Biodentine Used for Pulpotomy Procedures. *Journal of Endodontics* **41**(7), 1139-1145.
- Ceyhanli KT, Erdilek N, Tatar I, Celik D (2016) Comparison of ProTaper, RaCe and Safesider instruments in the induction of dentinal microcracks: a micro-CT study. *Int Endod J* **49**(2), 212-215.
- Coelho BS, Amaral ROJF, Leonardi DP *et al.* (2016) Performance of Three Single Instrument Systems in the Preparation of Long Oval Canals. *Braz Dent J* **27**(2), 217-222.
- De-Deus G, Belladonna FG, Silva EJNL *et al.* (2015) Micro-CT Evaluation of Non-instrumented Canal Areas with Different Enlargements Performed by NiTi Systems. *Braz Dent J* **26**(6), 624-629.
- De Deus G, Silva EJNL, Marins J *et al.* (2014) Lack of Causal Relationship between Dentinal Microcracks and Root Canal Preparation with Reciprocation Systems. *J Endod* **40**(9), 1447-1450.
- Freire LG, Iglecias EF, Cunha RS, Dos Santos M, Gavini G (2015) Micro-Computed Tomographic Evaluation of Hard Tissue Debris Removal after Different Irrigation Methods and Its Influence on the Filling of Curved Canals. *J Endod* **41**(10), 1660-1666.

- Jou YT, Karabucak B, Levin J, Liu D (2004) Endodontic working width: current concepts and techniques. *Dent Clin North Am* **48**(1), 323-335.
- Kandemir Demirci G, Caliskan MK (2016) A Prospective Randomized Comparative Study of Cold Lateral Condensation Versus Core/Gutta-percha in Teeth with Periapical Lesions. *J Endod* **42**(2), 206-210.
- Keles A, Alcin H, Kamalak A, Versiani MA (2014) Micro-CT evaluation of root filling quality in oval-shaped canals. *Int Endod J* **47**(12), 1177–1184.
- Kierklo A, Tabor Z, Pawinska M, Jaworska M (2015) A microcomputed tomography-based comparison of root canal filling quality following different instrumentation and obturation techniques. *Med Princ Pract* **24**(1), 84-91.
- Leonardo MV, Goto EH, Torres CRG, Borges AB, Carvalho CAT, Barcellos DC (2009) Assessment of the apical seal of root canals using different filling techniques. *J Oral Sci* **51**(4), 593-599.
- Li GH, Niu LN, Selem LC *et al.* (2014) Quality of obturation achieved by an endodontic core-carrier system with crosslinked gutta-percha carrier in single-rooted canals. *J Dent* **42**(9), 1124-1134.
- Liu R, Hou BX, Wesselink PR, Wu MK, Shemesh H (2013) The incidence of root microcracks caused by 3 different single-file systems versus the ProTaper system. *J Endod* **39**(8), 1054-1056.
- McMichael GE, Primus CM, Opperman LA (2016) Dentinal Tubule Penetration of Tricalcium Silicate Sealers. *J Endod* **42**(4), 632-636.
- Moeller L, Wenzel A, Wegge-Larsen AM, Ding M, Kirkevang LL (2013) Quality of root fillings performed with two root filling techniques. An in vitro study using micro-CT. *Acta Odontol Scand* **71**(3-4), 689-696.
- Naseri M, Kangarlou A, Khavid A, Goodini M (2013) Evaluation of the quality of four root canal obturation techniques using micro-computed tomography. *Iran Endod J* **8**(3), 89-93.
- Rasquin LC, de Carvalho FB, Lima RK (2007) In vitro evaluation of root canal preparation using oscillatory and rotary systems in flattened root canals. *J Appl Oral Sci* **15**(1), 65-69.
- Rechenberg DK, Paque F (2013) Impact of cross-sectional root canal shape on filled canal volume and remaining root filling material after retreatment. *Int Endod J* **46**(6), 547-555.

- Schafer E, Koster M, Burklein S (2013) Percentage of gutta-percha-filled areas in canals instrumented with nickel-titanium systems and obturated with matching single cones. *J Endod* **39**(7), 924-928.
- Schafer E, Nelius B, Burklein S (2012) A comparative evaluation of gutta-percha filled areas in curved root canals obturated with different techniques. *Clin Oral Investig* **16**(1), 225-230.
- Schafer E, Schrenker C, Zupanc J, Burklein S (2016) Percentage of Gutta-percha Filled Areas in Canals Obturated with Cross-linked Gutta-percha Core-carrier Systems, Single-Cone and Lateral Compaction Technique. *J Endod* **42**(2), 294-298.
- Schilder H (2006) Filling root canals in three dimensions. 1967. *J Endod* **32**(4), 281-290.
- Viapiana R, Flumignan DL, Guerreiro-Tanomaru JM, Camilleri J, Tanomaru-Filho M (2014) Physicochemical and mechanical properties of zirconium oxide and niobium oxide modified Portland cement-based experimental endodontic sealers. *Int Endod J* **47**(5), 437-448.
- Viapiana R, Moinzadeh AT, Camilleri L, Wesselink PR, Tanomaru Filho M, Camilleri J (2016) Porosity and sealing ability of root fillings with gutta-percha and BioRoot RCS or AH Plus sealers. Evaluation by three ex vivo methods. *Int Endod J* **49**(8), 774-782.
- Wang Z, Shen Y, Haapasalo M (2014) Dentin extends the antibacterial effect of endodontic sealers against *Enterococcus faecalis* biofilms. *J Endod* **40**(4), 505-508.
- Whitworth J (2005) Methods of filling root canals: principles and practices. *Endodontic Topics* **12**(1), 2-24.
- Wolf M, Kupper K, Reimann S, Bourauel C, Frentzen M (2014) 3D analyses of interface voids in root canals filled with different sealer materials in combination with warm gutta-percha technique. *Clin Oral Investig* **18**(1), 155-161.
- Wu MK, R'Oris A, Barkis D, Wesselink PR (2000) Prevalence and extent of long oval canals in the apical third. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* **89**(6), 739-743.

4 PUBLICAÇÃO 3

Shaping ability of single-file reciprocating and heat-treated rotary/reciprocating system: a micro-CT study

*Artigo formatado segundo as normas do periódico Journal of Endodontics

Abstract

Introduction: This study aimed to evaluate volume increase (% ΔV), uninstrumented surface (%S), debris accumulation (%D), root canal transportation (RCT) and centering ratio (CR) mandibular molar root canals after instrumentation with Reciproc and a heat-treated nickel-titanium hybrid system (rotary/reciprocating). **Methods:** Fifty-four mesial canals of mandibular molars with moderate curvature (10 to 20°) were prepared with Reciproc R25 (VDW, Munich, Germany) or ProDesign Duo Hybrid System 25/.08 (PDH, Easy, Belo Horizonte, Brazil). Scanning was performed before and after preparation using micro-CT. The images were used to measure % ΔV , %S, %D, RCT and CT for each root third and for the whole canal. Data were compared using ANOVA and Tukey tests, Kruskal-Wallis and Dunn or Unpaired t tests. **Results:** PDH promoted a highest increase in % ΔV in the middle third ($p < 0.05$). R25 and PDH presented similar %S and %D ($p > 0.05$). RCT was observed on the danger zone for cervical and middle thirds and on the outside of canal curvature for the apical third. R25 was associated with high values of RCT in the apical ($p < 0.05$). PDH showed higher values of CR at apical third ($p < 0.05$). **Conclusion:** Volume increase, uninstrumented surface and debris were similar for Reciproc and ProDesign Duo Hybrid root canal preparation. PDH was associated with lower values of apical transportation besides higher centering ratio.

Key Words: Canal transportation, centering ratio, debris, micro-computed tomography, root canal preparation

Introduction

Root canal preparation should promote cleaning and disinfection (1, 2) with no deviation from the original trajectory. The anatomic complexity of the root canal system makes it difficult for the instrument to access the isthmus and flattened areas (3), favoring debris accumulation (4, 5). Mechanical instrumentation systems are used to prepare root canals more rapidly and with a lower number of instruments (6). Several nickel-titanium (NiTi) rotary and reciprocating instruments have been used for root canal preparation to minimize errors as perforations and apical transportation (6-8).

Reciprocating motion reduces the cyclic fatigue of the instrument (9). Reciproc is a single-file system used for root canal preparation in reciprocating kinematics. The

instrument is manufactured with M-wire nickel-titanium alloy (8). In spite of the Reciproc system representing a simplified, safe and fast technique during root canal preparation (8, 10), it may promote uninstrumented surface (3, 11), debris accumulation (4, 5) and transportation of the root canal (6, 12, 13).

Heat treated NiTi alloys favor the flexibility and strength of instruments during root canal preparation (6, 7). CM-wire instruments have high flexibility and cyclic fatigue resistance, reducing the occurrence of ledges, instrument fracture and transportation in curved canals (14-16). The ProDesign Duo Hybrid system is performed using ProDesign S instrument (Easy Equipamentos Odontológicos, Belo Horizonte, MG, Brazil), a heat treated CM nickel-titanium file, and may be used in continuous rotation or reciprocating kinematics in the clockwise direction. The heat-treated reciprocating instrument ProDesign R is made with similar heat treatment as ProDesign S, and presented high cyclic fatigue resistance and angular rotation to failure (14).

Considering the clinical relevance of the shaping ability of different systems, the aim of this study was to evaluate the quality of root canal preparation and root canal transportation with Reciproc or ProDesign Duo Hybrid rotary/reciprocating systems in mandibular molars with moderate curvature. The null hypotheses is that there would be no difference in volume increase, uninstrumented surface, debris accumulation, root canal transportation and centering ratio between the evaluated systems.

Materials and Methods

Forty-four mandibular molars obtained from the Araraquara Dental School, UNESP and approved by the Ethics Committee were selected and submitted to digital radiography (Kodak RVG 6100 Digital Radiography System, France). Mesial canals were included if they showed angle of curvature from 10 to 20° (6, 17), in accordance with the classification of Schneider (18), and an apical diameter smaller than or equal to the K#15 file (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Switzerland). Teeth length was standardized (20 ± 1 mm). Each mesial root was enveloped with a layer of fluid impression material (Oranwash L, Zermack, Rovigo, Italy) and inserted into acrylic resin to simulate the periodontal ligament (19-22).

After coronal access using high-speed diamond burs (n.2, KG Sorensen, Sao Paulo, SP, Brazil), the teeth were scanned using a high-definition micro-CT scanner (SkyScan 1176, Bruker-microCT, Kontich, Belgium) using the followed parameters: 70 kV, 353uA, 360° rotations, a 0.5-mm-thick aluminum filter and a 0.5° rotation step, resulting in an image with a 17.42- μ m voxel size. The images were reconstructed by using NRecon software (V1.6.10.4; SkyScan, Belgium), and analyzed by using CTAn software. Based on morphological parameters, molars that presented the Vertucci type II configuration (separated root canals with union at the apex to form a single foramen) were selected to the study (23). After this final selection, teeth were stored in 0.1% thymol solution at 5°C.

Root canal preparation

After washing in water for 48 hours, the root canals were explored with K#10 and K#15 files (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Switzerland) up to the foramen. The working length (WL) was determined by subtracting 1 mm from this measurement and a glide path was established by using a size 10 K-file (Dentsply Sirona, Ballaigues, Switzerland).

Root canal preparation with Reciproc® System (VDW, Munich, Germany) (n=27): R25 (size 25, .08 taper) instruments were used in a reciprocating motion driven with a VDW Silver motor (Reciproc®, VDW, Munich, Germany) as recommended by the manufacturer. The instrument was gradually inserted into root canal in a slow in-and out motion, at the three levels (cervical, middle and apical), with a brushing motion against the walls of the root canals.

Root canal preparation with ProDesign Duo Hibrid System (Easy, Belo Horizonte, MG, Brazil) (n=27): ProDesign S size 25, .01 taper and size 25, .08 taper instruments were used in rotary/reciprocating motion. ProDesign S instrument was used according to ProDesign Duo Hybrid system (PDH) in hybrid motion. The instruments were driven with the manufacturer's motor (Easy Endo SI Básico, Easy, Belo Horizonte, MG, Brazil), that promoted rotary or reciprocating movement in the clockwise direction. After exploring the root canal using hand files K#10 and K#15, the instrument size 25, .01 taper was introduced in a rotary motion up to the WL at 350 rpm. Subsequently, the instrument size 25, .08 taper was introduced into the root canal by using continuous rotation at a speed of 950 rpm, up to 3 mm from the root apex. In the apical third, the same instrument size 25, .08 taper was used in reciprocating motion up to the WL. A refinement was

performed with the size 25, .08 taper instrument in rotary motion with a brushing motion against the walls of the root canals up to the WL, at a speed of 600 rpm.

Root canal irrigation was performed with 2 mL 2.5% NaOCl after preparation of each third. At the final preparation, root canals were irrigated with 5.0 mL of 2.5% sodium hypochlorite, followed by irrigation with 17% EDTA (Biodinâmica, Ibiporã, PR, Brazil) for three minutes.

Micro-CT Analysis

Volume, uninstrumented surface and debris accumulation

After preparation, the teeth were scanned by using a micro-CT scanner and the images were reconstructed, according to the parameters described. DataViewer V1.5.2.4 software (Bruker-microCT) geometrically aligned the pre- and post-operative images (Apêndice A: Figura A - 1) and images were quantitatively analyzed using CTAn v.1.14.4 software (Bruker-microCT) (Apêndice A: Figura A-2). A density histogram was used in a global threshold method and the segmentation values ranged from 50 to 65 (Apêndice B: Figura B-1). Task lists were applied (Apêndice B: Figura B-2) to create separate binary images of the root canal space and dentin by using a custom processing tool and performing arithmetical and logical operations between the superimposed cross-sectional images (5).

The images were analyzed with regard to preoperative / initial (IV) and postoperative / final volume (FV) of the root canal, uninstrumented surface (static voxel) and debris accumulation (Apêndice C: Figura C-1). Each root canal was evaluated as a whole and at each third (coronal, middle and apical), divided proportionally to the root length (μm) in each sample. The volume increase (V) was calculated by subtracting the values of FV from IV and then converted into percentages ($\% \Delta V$). The uninstrumented surface and debris accumulation were obtained and transformed into percentage using specific formula: $\% \text{ of uninstrumented surface} = (\text{uninstrumented surface} \times 100) / \text{root canal final area post-operative}$ and $\% \text{ debris} = (\text{final debris volume} \times 100) / \text{final volume}$, respectively.

The software considers that a surface voxel belongs to any given structure when the full voxel belongs to it. To be counted as ‘affected’, at least, one full voxel must be

registered as removed from the preoperative canal model after superimposition. Thus the number of static voxel surfaces was calculated as uninstrumented canal wall surfaces (11, 24). Debris was identified by the software as a material with a density similar to that of dentin in regions previously occupied by air in the preoperative canal space in the nonprepared root canal space and quantified by intersection between images before and after canal instrumentation using custom processing (25). Voxels representing the dentin walls in the canal, which were removed during instrumentation and then occupied by hard tissue debris, could not be measured, because in the scans it was impossible to make a precise distinction between accumulated hard tissue debris and dentin (25).

Root canal transportation

The degree of linear transportation was analysed using the used by Amaral et al. (17). The mean measurement of 5 layers in each selected third generated a single thickness value of mesial and distal dentin for each canal before and after instrumentation. The following formula was applied for these measurements: $(A1-A2)-(B1-B2)$, where $A1$ =thinnest mesial dentin wall preinstrumentation, $A2$ =thinnest mesial wall postinstrumentation, $B1$ = thinnest distal wall preinstrumentation, and $B2$ = thinnest distal wall thickness postinstrumentation (Fig 1). Results equal to 0 indicated that there was no canal transportation. Negative values represented transportation to the outer face of the root curvature, whereas positive values indicated transportation to the inner surface (17, 26). To calculate the transportation percentage, the percentage loss of each dentinal wall was initially calculated. At the mesial wall, the following formula was applied: $([A2-A1]/A1) \times 100$. At the distal wall, the formula was $([B2-B1]/B1) \times 100$. Therefore, the percentage loss of the mesial wall (% mesial) was subtracted from the percentage of the distal wall (% distal), generating the percentage value of root canal transportation ($\% \text{ distal loss} - \% \text{ mesial loss} = \% \text{ transportation}$).

Centering ratio

To calculate centering ratio (20), the same references were used as those used for the calculation of transportation; however, the formula applied was as follows: $(A1-A2)/(B1-B2)$ or $(B1-B2)/(A1-A2)$. If different values were obtained from the 2 formulas

applied, the lowest of the results obtained were considered (7, 17). Results equal to 1 indicated a perfect centralization, whereas 0 represented complete decentralization (17).

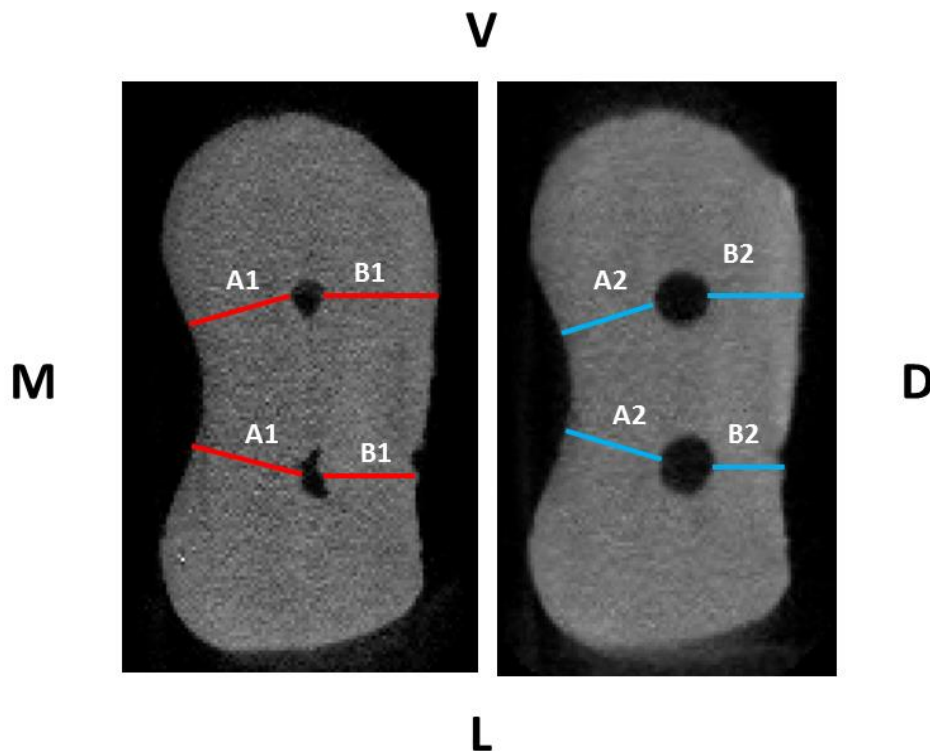


Figure 1: Illustration representing the pre- and postpreparation to obtain measurements of the mesial and distal dentin walls.

Data analysis

Statistical analysis was performed by using the Unpaired t test for a comparison between groups, except for the percentage of debris accumulation (%D) in the cervical third, percentage of increase in volume (% ΔV) in the middle third and percentage of root canal transportation (% RCT) in the mesiobuccal canal, when the Mann Whitney test was used. For comparison by thirds, analysis of % ΔV , %D, uninstrumented surface (%S) and % RCT were performed by using the Kruskal Wallis and Dunn Multiple Comparison Tests. In the comparison by thirds for centering ratio, the tests used was ANOVA and Tukey, with a level of significance of 5%.

Results

The results are described in Tables 1, 2 and 3. Three-dimensional micro-CT scans reconstruction of the external and internal anatomy are shown in Figures 2 and 3.

Volume

The initial volume of root canals was similar ($P>0.05$). PDH promoted higher % ΔV in the middle third than R25 ($p<0.05$), without difference in the cervical and apical thirds, and in the total extension of the canal ($p>0.05$).

Debris and uninstrumented surface

R25 and PDH were similar for % S, % D ($p>0.05$). In the comparison by thirds, the %S was higher in the middle and apical thirds for both groups, without difference between the cervical and middle thirds ($p>0.05$). A higher remaining debris value was observed in the middle third, without difference for the apical third in both groups ($p>0.05$).

Root canal transportation

In both canals, cervical and middle thirds were transported to the danger zone, whereas the apical thirds were transported on the outside of canal curvature in both canals, with no difference for mesiobuccal and mesiolingual canals ($p>0.05$). R25 showed the highest values for root canal transportation in the apical third ($p<0.05$). In the comparison of thirds, the root canal transportation in the apical third presented lower values for PHD ($p<0.05$), and showed greater transportation for R25 ($p<0.05$).

Centering ratio

The preparations promoted a ratio closer to 0 than 1 (non-centralized) in the radicular thirds. PDH promoted greater centralization in the apical third than R25, without significant differences between them in the coronal and middle thirds. In the comparison by thirds, R25 presented a lower centralization value in the apical third in the mesiobuccal and mesiolingual canals, with no difference between apical and middle thirds in the mesiolingual canal ($p>0.05$). PDH presented no significant difference in centralization when comparison by thirds was made ($p>0.05$).

Table 1. Initial volume (IV), percentage increase volume (% ΔV), percentage uninstrumented surface (% S), percentage of debris (% D) measured from the mesial root canals of mandibular molars after preparation with Reciproc or ProDesign Duo Hybrid

Experimental Groups			
		Reciproc	ProDesign Duo Hybrid
Total	IV	7.003 (± 2.85) ^A	6.600 (± 2.58) ^A
	% ΔV	54.98 (± 37.22) ^A	72.42 (± 56.90) ^A
	% S	20.11 (± 6.47) ^A	25.45 (± 12.71) ^A
	% D	1.61 (± 0.87) ^A	2.04 (± 1.06) ^A
Coronal Third	IV	4.357 (± 1.91) ^A	4.507 (± 1.73) ^A
	% ΔV	52.54 (± 38.16) ^{Aa}	65.14 (48.68) ^{Aa}
	% S	14.11 (± 7.23) ^{Aa}	18.08 (± 10.08) ^{Aa}
	% D	*0.70 (0.41 – 1.20) ^{Aa}	*1.24 (0.83 – 1.87) ^{Aa}
Midlle Third	VI	1.984 (± 0.96) ^A	1.573 (± 0.87) ^A
	% ΔV	*52.03 (30.79 – 85.47) ^{Aa}	*86,96 (59.62 – 156.10) ^{Bb}
	% S	19.89 (± 8.85) ^{Aab}	23.93 (14.14) ^{Aab}
	% D	1.98 (± 1.62) ^{Ab}	2.71 (± 2.01) ^{Ab}
Apical Third	IV	0.662 (± 0.40) ^A	0.559 (± 0.30) ^A
	% ΔV	0.70 (± 0.61) ^{Aa}	0.333 (± 1.11) ^{Aa}
	% S	33.36 (± 17.29) ^{Ab}	33.60 (± 19.34) ^{Ab}
	% D	1.69 (± 1.07) ^{Ab}	2.20 (± 1.25) ^{Aab}

Unpaired t test $P < 0.05$: mean (standard deviation). *Mann Whitney test $P < 0.05$: median percentage (interquartile range). Different capital letters in same line indicate statistically significant difference between groups. Different lower case letters in same column indicate statistically significant difference among the root levels ($p < 0.05$).

Table 2. Percentage Differences (pre - and postpreparation) in the Transportation of Mesiolingual and Mesiobuccal Canals (mean - standard deviation) per Thirds and per Groups

% Transportation	Reciproc	ProDesign Duo Hybrid
Mesiobuccal canals		
Coronal	*5,11 (-8,49 - 27,72) ^{Aa}	*11,19 (-3,92 - 34,47) ^{Aa}
Middle	2.82 (±8.42) ^{Aa}	3.05 (±8.53) ^{Ab}
Apical	-5.53 (±4.50) ^{Bb}	-3.30 (±2.78) ^{Ac}
Mesiolingual canals		
Coronal	6.22 (±7.61) ^{Aa}	9.08 (±8.23) ^{Aa}
Middle	6.18 (±11.63) ^{Aa}	3.67 (±5.05) ^{Ab}
Apical	-5.92 (±4.69) ^{Bb}	-2.68 (±2.60) ^{Ac}

Unpaired t test $P < 0.05$: mean (standard deviation). *Mann Whitney test $P < 0.05$: median percentage (interquartile range). Different capital letters in same line indicate statistically significant difference between groups ($p < 0.05$). Different lower case letters in same column indicate statistically significant difference among the root levels ($p < 0.05$).

Table 3. Mean and standard deviation of differences (pre- and postpreparation) in the Centralization of Mesiobuccal and Mesiolingual Canals (mean - standard deviation)

Centralization	Reciproc	ProDesign Duo Hybrid
Mesiobuccal canals		
Coronal	0.55 (±0.26) ^{Aa}	0.53 (±0.30) ^{Aa}
Middle	0.54 (±0.27) ^{Aa}	0.62 (±0.20) ^{Aa}
Apical	0.35 (±0.28) ^{Bb}	0.48 (±0.17) ^{Aa}
Mesiolingual canals		
Coronal	0.55 (±0.26) ^{Aa}	0.60 (±0.26) ^{Aa}
Middle	0.50 (±0.22) ^{Aab}	0.63 (±0.16) ^{Aa}
Apical	0.36 (±0.26) ^{Bb}	0.62 (±0.20) ^{Aa}

Unpaired t test $P < 0.05$: mean (standard deviation). Different capital letters in same line indicate statistically significant difference between groups ($p < 0.05$). Different lower case letters in same column indicate statistically significant difference among the root levels ($p < 0.05$).

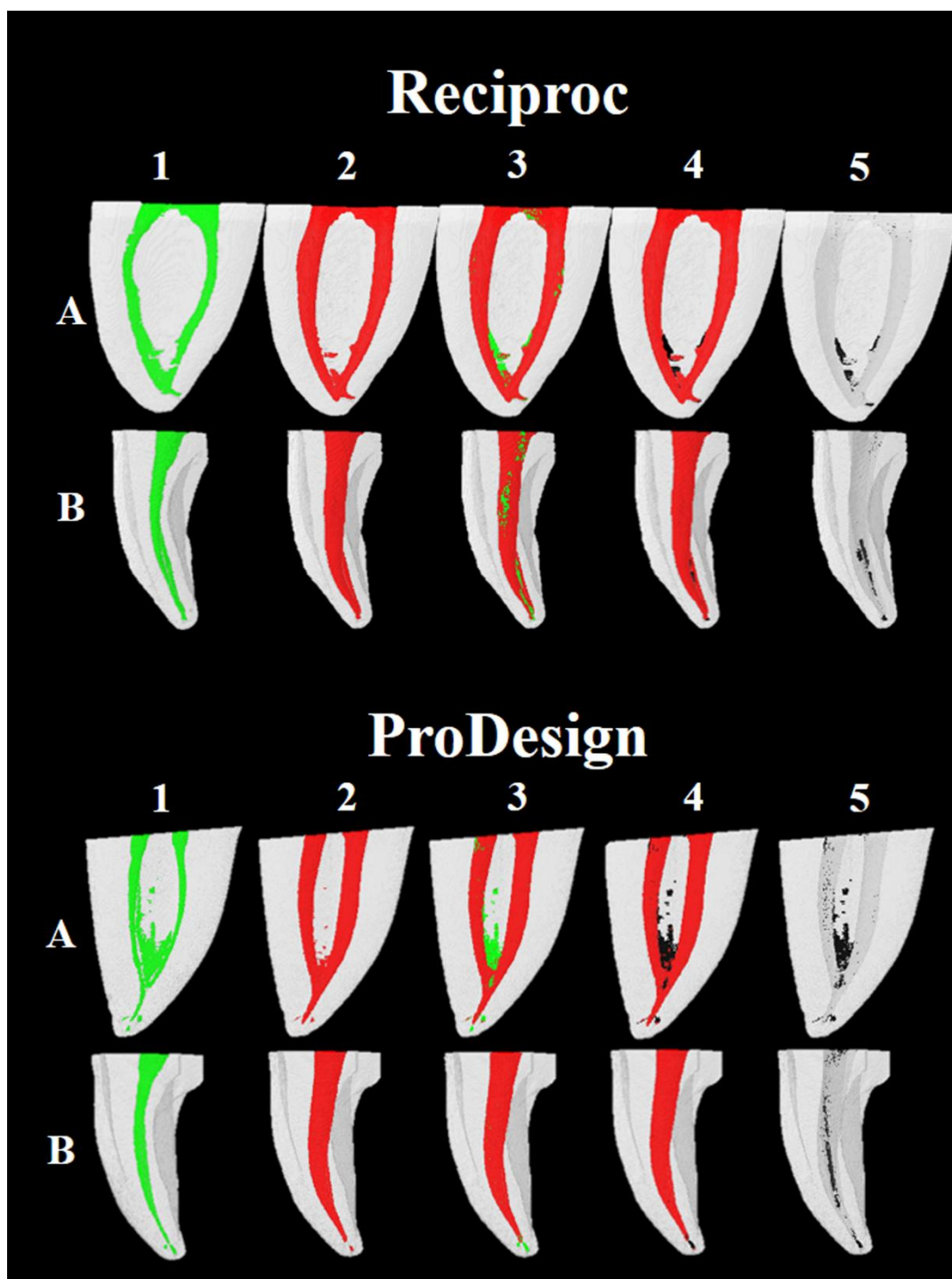


Figure 2: Three-dimensional micro-CT imaging buccolingual (A) and mesiodistal (B) in initial canals (green), post-instrumentation canals (red) and debris (black).

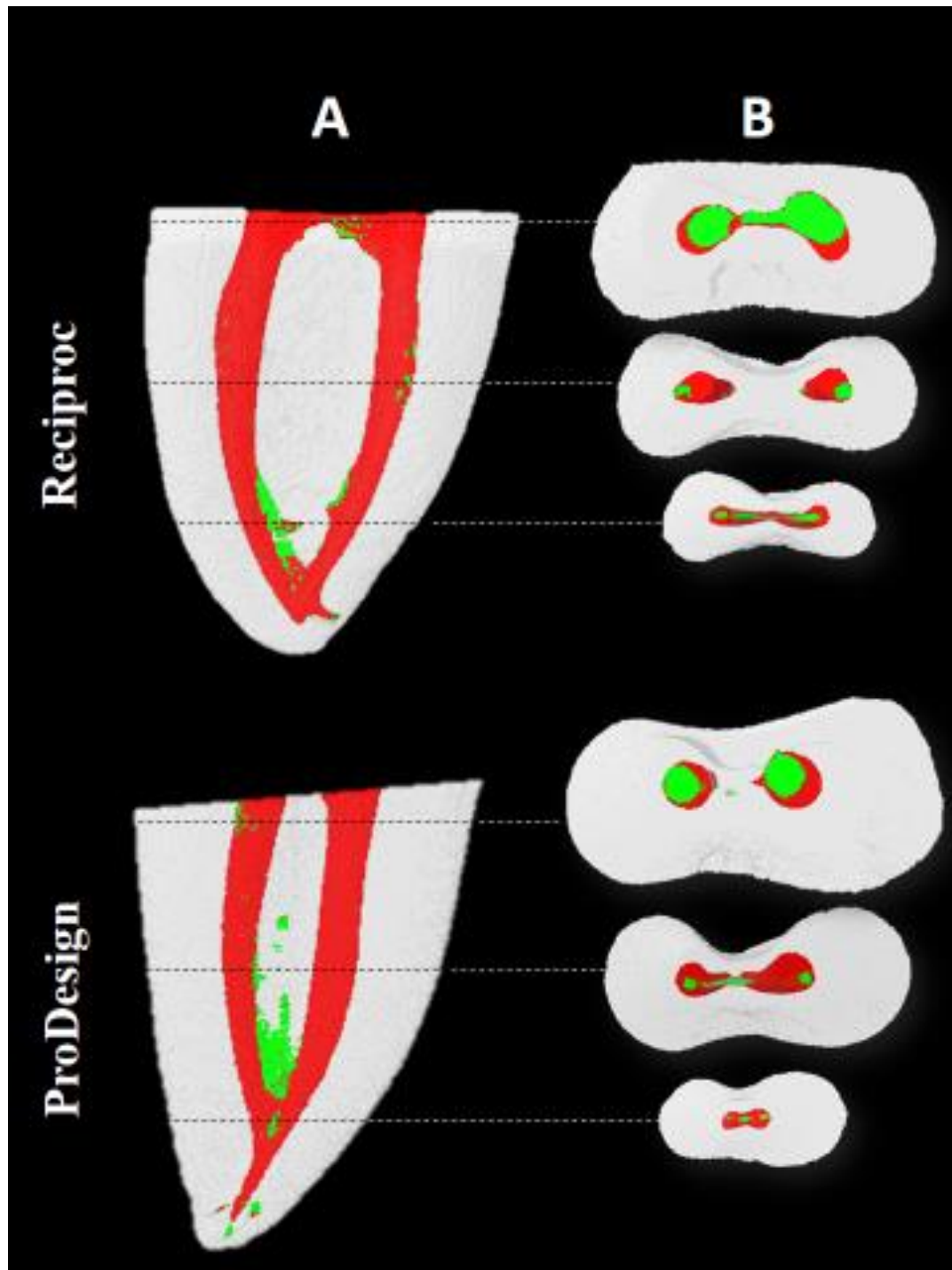


Figure 3: Superimposition of the canal system showing the changes in the canal axis before (green) and after canal preparation (red).

Discussion

Micro-CT images are used to quantitative 3-dimensional analysis of root canal preparation (6, 17, 24). The present study showed similar shaping ability for Reciproc

and ProDesign Duo Hybrid in the mesial root canals of mandibular molars. The PDH system uses instrument size 25, .08 tapers, with 0.25 mm as initial diameter (D0), and a continuous .08 taper along the instrument, presenting a 1.53 mm diameter at 16 mm (D16). The initial diameter of R25 is 0.25 mm and its taper is .08 up to 3 mm. However, from the third millimeter, the taper is reduced to .04. Comparison between the two systems showed no significant difference in the parameters evaluated, with exception of the middle root third, in which PDH promoted a higher volume increase than R25. Although the kinematics for both instruments was different in the cervical and middle thirds, the diameter of the instrument could explain the lower increase in volume for R25 in the middle third, observed in the present study.

The volume increase during root canal preparation can promote greater removal of contaminated dentin and disinfection in infected canals (27). Reduction of *E. faecalis* was similar for the canals of maxillary molars prepared with a reciprocating (Reciproc and Wave One) or rotary (Mtwo and Protaper) instrument immediately after preparation (28). On the other hand, the longevity and survival of endodontically treated teeth depend on the thickness of the residual dentin in the root wall. In this way, the volume increase of root canal preparation may decrease the resistance to vertical fracture in instrumented root canals (29). A finite element analysis showed that the removal of a larger amount of the dentin increased the root susceptibility to fracture (30). Therefore, a balance between wear during preparation and root resistance should be observed for each case and root morphology.

Mesial roots of mandibular molars may have dentin walls without instrumentation (11) and accumulation of debris (4, 5). This may lead to endodontic treatment failure (31), reducing effectiveness of intracanal medication and sealer penetration in areas of anatomic irregularities. In the present study, reciprocating (R25) or hybrid (PDH) preparation promoted similar percentages uninstrumented surface and debris accumulation. For better cleaning of the root canal system, particularly in the isthmus region, irrigation solution activation methods, such as PUI and Easy Clean may promote additional cleaning during root canal preparation (32).

Greater apical transportation may occur in root canals prepared with instruments in reciprocating kinematics than in continuous rotation (6, 33). In the present study, less transportation and greater apical centering ratio were observed with the heat treated CM NiTi instrument used in rotary/reciprocating kinematics (PDH) when compared with the M-Wire (R25) instrument in reciprocating motion. These results were similar to observed

when Twisted File Adaptive instrument, manufactured of R-phase heat treated NiTi alloy and used in adaptive motion (SybronEndo, Orange, CA, USA) which combines a continuous rotation and a reciprocating motion, was compared with the Wave One and Reciproc systems in reciprocating motion. The authors observed that TF Adaptive maintained the original canal morphology with less change in root canal curvature (7). In a previous study, less apical transportation was observed for the Twisted File (SybronEndo, Orange, CA, USA) instrument in continuous rotation when compared with Wave One, in reciprocating motion (33). Root canal preparation by using heat treated Twisted File (R-phase) and Hyflex (CM) (Coltene – Whaledent, Altstätten Switzerland) in continuous clockwise rotation promoted less transportation and greater centralization when compared with the Reciproc and Wave One instruments (6).

Apical transportation greater than 300 μm could negatively interfere in sealing of the root canal filling (34, 35). In the present study, R25 and PDH presented lower absolute mean transportation values (R25: 65, 10 e 50 μm in coronal, middle and apical thirds, respectively; PDH: 70, 10 and 30 μm in the coronal, middle and apical thirds, respectively), suggesting that both systems evaluated are safe for the preparation of mesial canals with moderate curvature.

Conclusions

Reciproc and ProDesign duo hybrid systems promoted similar preparation, percentage of uninstrumented surface and debris accumulation. PDH was associated with lower values of apical transportation besides higher centering ratio.

References

1. Liu W, Wu B. Root canal surface strain and canal center transportation induced by 3 different nickel-titanium rotary instrument systems. *J Endod* 2016;42:299-303.
2. Peters OA. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *J Endod* 2004;30:559-67.
3. De-Deus G, Belladonna FG, Silva EJNL, Marins JR, Souza EM, Perez R, et al. Micro-CT evaluation of non-instrumented canal areas with different enlargements performed by Niti systems. *Braz Dent J* 2015;26:624-29.

4. De-Deus G, Marins J, Silva EJNL, Souza E, Belladonna FG, Reis C, et al. Accumulated hard tissue debris produced during reciprocating and rotary nickel-titanium canal preparation. *J Endod* 2015;41:676-81.
5. Freire LG, Iglecias EF, Cunha RS, Dos Santos M, Gavini G. Micro-computed tomographic evaluation of hard tissue debris removal after different irrigation methods and its influence on the filling of curved canals. *J Endod* 2015;41:1660-66.
6. Marceliano-Alves MFV, Sousa-Neto MD, Fidel SR, Steier L, Robinson JP, Pecora JD, et al. Shaping ability of single-file reciprocating and heat-treated multifile rotary systems: a micro-CT study. *Int Endod J* 2015;48:1129-36.
7. Gergi R, Arbab-Chirani R, Osta N, Naaman A. Micro-computed tomographic evaluation of canal transportation instrumented by different kinematics rotary nickel-titanium instruments. *J Endod* 2014;40:1223-27.
8. Hwang YH, Bae KS, Baek SH, Kum KY, Lee W, Shon WJ, et al. Shaping ability of the conventional nickel-titanium and reciprocating nickel-titanium file systems: a comparative study using micro-computed tomography. *J Endod* 2014;40:1186-89.
9. Gavini G, Caldeira CL, Akisue E, Candeiro GTM, Kawakami DAS. Resistance to flexural fatigue of Reciproc R25 files under continuous rotation and reciprocating movement. *J Endod* 2012;38:684-87.
10. Ramazani N, Mohammadi A, Amirabadi F, Ramazani M, Ehsani F. In vitro investigation of the cleaning efficacy, shaping ability, preparation time and file deformation of continuous rotary, reciprocating rotary and manual instrumentations in primary molars. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects* 2016;10:49-56.
11. Amoroso-Silva P, Alcalde MP, Duarte MAH, de Deus G, Ordinola-Zapata R, Freire LG, et al. Effect of finishing instrumentation using NiTi hand files on volume, surface area and uninstrumented surfaces in C-shaped root canal systems. *Int Endod J* 2017;50:604-11.
12. de Carvalho GM, Sponchiado Junior EC, Garrido AD, Lia RC, Garcia Lda F, Marques AA. Apical transportation, centering ability, and cleaning effectiveness of reciprocating single-file system associated with different glide path techniques. *J Endod* 2015;41:2045-49.
13. Zanesco C, So 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;43:486-90.

14. Alcalde MP, Tanomaru-Filho M, Bramante CM, Duarte MAH, Guerreiro-Tanomaru JM, Camilo-Pinto J, et al. Cyclic and torsional fatigue resistance of reciprocating single files manufactured by different nickel-titanium alloys. *J Endod* 2017 doi: 10.1016/j.joen.2017.03.008. [Epub ahead of print].
15. Rodrigues CT, Duarte MAH, de Almeida MM, de Andrade FB, Bernardineli N. Efficacy of CM-Wire, M-Wire, and nickel-titanium instruments for removing filling material from curved root canals: a micro-computed tomography study. *J Endod* 2016;42:1651-55.
16. Shen Y, Zhou HM, Zheng YF, Peng B, Haapasalo M. Current challenges and concepts of the thermomechanical treatment of nickel-titanium instruments. *J Endod* 2013;39:163-72.
17. Amaral ROJF, Leonardi DP, Gabardo MC, Coelho BS, Oliveira KV, Baratto Filho F. Influence of cervical and apical enlargement associated with the Waveone system on the transportation and centralization of endodontic preparations. *J Endod* 2016;42:626-31.
18. Schneider SW. A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1971;32:271-75.
19. Adorno CG, Yoshioka T, Suda H. The effect of root preparation technique and instrumentation length on the development of apical root cracks. *J Endod* 2009;35:389-92.
20. De Deus G, Silva EJNL, Marins J, Souza E, Neves AA, Belladonna FG, et al. Lack of causal relationship between dentinal microcracks and root canal preparation with reciprocation systems. *J Endod* 2014;40:1447-50.
21. Liu R, Hou BX, Wesselink PR, Wu MK, Shemesh H. The incidence of root microcracks caused by 3 different single-file systems versus the ProTaper system. *J Endod* 2013;39:1054-56.
22. Ceyhanli KT, Erdilek N, Tatar I, Celik D. Comparison of ProTaper, RaCe and Safesider instruments in the induction of dentinal microcracks: a micro-CT study. *Int Endod J* 2016;49:212-15.
23. Vertucci FJ. Root canal anatomy of the human permanent teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1984;58:589-99.
24. Limoeiro AGS, Dos Santos AHB, Martin AS, Kato AS, Fontana CE, Gavini G, et al. Micro-computed tomographic evaluation of 2 nickel-titanium instrument systems in shaping root canals. *J Endod* 2016;42:496-99.

25. Paque F, Laib A, Gautschi H, Zehnder M. Hard-tissue debris accumulation analysis by high-resolution computed tomography scans. *J Endod* 2009;35:1044-47.
26. Gambill JM, Alder M, del Rio CE. Comparison of nickel-titanium and stainless steel hand-file instrumentation using computed tomography. *J Endod* 1996;22:369-75.
27. Siqueira JF, Jr., Perez AR, Marceliano-Alves MF, Provenzano JC, Silva SG, Pires FR, et al. What happens to unprepared root canal walls: a correlative analysis using micro-computed tomography and histology/scanning electron microscopy. *Int Endod J* 2017 doi: 10.1111/iej.12753. [Epub ahead of print].
28. Machado MEL, Nabeshima CK, Leonardo MFP, Reis FAS, Britto MLE, Cai S. Influence of reciprocating single-file and rotary instrumentation on bacterial reduction on infected root canals. *Int Endod J* 2013;46:1083-87.
29. Cicek E, Aslan MA, Akkocan O. Comparison of the resistance of teeth instrumented with different nickel-titanium systems to vertical root fracture: an in vitro study. *J Endod* 2015;41:1682-85.
30. Sathorn C, Palamara JEA, Palamara D, Messer HH. Effect of root canal size and external root surface morphology on fracture susceptibility and pattern: a finite element analysis. *J Endod* 2005;31:288-92.
31. Carr GB, Schwartz RS, Schaudinn C, Gorur A, Costerton JW. Ultrastructural examination of failed molar retreatment with secondary apical periodontitis: an examination of endodontic biofilms in an endodontic retreatment failure. *J Endod* 2009;35:1303-09.
32. Duque JA, Duarte MAH, Canali LCF, Zancan RF, Vivan RR, Bernardes RA, et al. Comparative effectiveness of new mechanical irrigant agitating devices for debris removal from the canal and isthmus of mesial roots of mandibular molars. *J Endod* 2017;43:326-31.
33. Marzouk AM, Ghoneim AG. Computed tomographic evaluation of canal shape instrumented by different kinematics rotary nickel-titanium systems. *J Endod* 2013;39:906-09.
34. Wu MK, Fan B, Wesselink PR. Leakage along apical root fillings in curved root canals. Part I: effects of apical transportation on seal of root fillings. *J Endod* 2000;26:210-16.
35. Ahn SY, Kim HC, Kim E. Kinematic effects of nickel-titanium instruments with reciprocating or continuous rotation motion: a systematic review of in vitro studies. *J Endod* 2016;42:1009-17.

5 PUBLICAÇÃO 4

**Obturação pela técnica cone único ou condensação lateral após preparo
reciprocante. Análise por micro-CT**

*Artigo formatado segundo as normas do periódico International Endodontic Journal

Resumo

Objetivo O objetivo deste estudo foi avaliar a qualidade da obturação dos canais radiculares pelas técnicas de condensação lateral ou cone único após preparo recíprocante.

Metodologia Foram utilizados 20 molares inferiores com canais mesiais com curvatura moderada (10 a 20°), preparados com a Reciproc (R25). As amostras foram obturadas pelas técnicas de cone único (n=10) ou condensação lateral ativa (n=10). As raízes foram escaneadas em micro-CT depois do preparo e após obturação. O volume do canal e material obturador na extensão total do canal e por terços radiculares foi analisado. Valores percentuais do volume de material obturador e de falhas na obturação. Área do preparo, material obturador e falhas na obturação foram avaliados em seções transversais a 2, 4, 6 e 8 mm do ápice radicular por microscopia. Os dados obtidos foram analisados pelos teste t não pareado e ANOVA e Tukey, com nível de significância de 5%.

Resultados A condensação lateral ativa promoveu menor percentual de volume de falhas e menor área de cimento no terço cervical ($p < 0.05$), em relação à técnica de cone único ($p < 0.05$). O percentual de falhas na obturação foi semelhante entre as técnicas avaliadas na extensão total, terços médio e apical radiculares ($p > 0.05$).

Conclusão A condensação lateral possibilitou maior preenchimento com menos falhas no terço cervical dos canais mesiais de molares inferiores.

Palavras chave: Condensação lateral, imagem de microtomografia computadorizada, obturação com cone único

Keywords: lateral compaction, micro-computed tomographic imaging, single cone obturation

Introdução

A obturação tridimensional dos canais radiculares contribui para o sucesso do tratamento endodôntico (Schilder 2006; Schafer *et al.* 2012; Keles *et al.* 2014). Os canais mesiais de molares inferiores podem apresentar área de istmos que dificultam preparo (Robinson *et al.* 2013; De-Deus *et al.* 2015; De-Deus *et al.* 2015; Freire *et al.* 2015) e correto preenchimento pelo material obturador (Freire *et al.* 2015). Alta prevalência de raízes mesiais de molares inferiores com dois canais que se unem em um único forame é observada (Ceperuelo *et al.* 2014; Akhlaghi *et al.* 2016).

Os sistemas reciprocantes são amplamente utilizados (Versiani *et al.* 2013; Hwang *et al.* 2014), promovendo preparo dos canais com conicidade s específicas. O instrumento Reciproc R25 apresenta diâmetro de ponta 0.25 mm, com conicidade 0.08 inicial diminuindo a partir de 3 mm.

A anatomia dos canais mesiais de molares inferiores pode apresentar complexidade, incluindo istmos, que dificultam o preparo (Duque *et al.* 2017) e a obturação (Freire *et al.* 2015). Estudos vêm mostrando alto percentual de raízes mesiais de molares inferiores com dois canais que se unem pelos istmos apresentando um único forame (Ceperuelo *et al.* 2014; Akhlaghi *et al.* 2016).

O preenchimento pelo material obturador depende do preparo e da técnica de obturação usada (Kierklo *et al.* 2015; Schafer *et al.* 2016). A guta-percha é um material com estabilidade dimensional (Whitworth 2005) empregado na obturação, enquanto que o cimento pode apresentar maior solubilidade (Faria-Junior *et al.* 2013; Zhou *et al.* 2013) e promover microinfiltrações (Viapiana *et al.* 2016). Desta forma, é desejável que o cimento apresente fina camada entre a guta-percha e as paredes dentinárias (Schafer *et al.* 2012; Schafer *et al.* 2013).

A condensação lateral é uma técnica de obturação bastante utilizada com resultados clínicos satisfatórios (Kandemir Demirci & Caliskan 2016). Essa técnica possibilita maior percentual de guta-percha quando comparada a técnica de cone único principalmente nos terços cervical/médio (Schafer *et al.* 2013; Schafer *et al.* 2016). Entretanto, pode proporcionar falhas na obturação pela abertura de espaços não preenchidos pelos materiais obturadores (Naseri *et al.* 2013; Keles *et al.* 2014). Quando

usada em molares superiores pode proporcionar falhas na obturação em até 19% (Naseri *et al.* 2013).

Na técnica de obturação com cone único, os cones de guta-percha apresentam conicidade semelhante ao preparo, visando a sua adaptação no canal radicular. A técnica é mais rápida que a condensação lateral (Schafer *et al.* 2012). Porém, pode proporcionar espaços vazios (Alshehri *et al.* 2016; Celikten *et al.* 2016), além de maior percentual de cimento nos terços cervical/médio (Schafer *et al.* 2013; Schafer *et al.* 2016).

A técnica de obturação, bem como a anatomia do canal radicular influenciam diretamente na qualidade da obturação. O objetivo deste estudo é avaliar, por micro-CT, o percentual de falhas na obturação usando a condensação lateral ativa ou técnica de cone único, em canais mesiais de molares inferiores. A hipótese nula é que não há diferença na obturação realizada por técnicas de condensação lateral ativa ou cone único após preparo recíproco.

Material e método

Seleção dos dentes

Foram utilizados 20 molares inferiores, obtidos do Banco de dentes da Faculdade de Odontologia de Araraquara, FOAr - UNESP e aprovados pelo Comitê de Ética em pesquisa em humanos da mesma (CAAE 49889215.9.0000.5416; Número do Parecer: 1.330.389) (Anexo A). Os dentes foram observados sob aumento de 20X, e por meio de radiografia digital (Kodak RVG 6100 Digital Radiography System, França) para a exclusão de raízes com linhas de fratura. Foram selecionadas raízes com comprimento radicular (10 ± 1 mm) e ângulo de curvatura da raiz mesial para a distal, entre 10 a 20° (Marceliano-Alves *et al.* 2015; Amaral *et al.* 2016), de acordo com a classificação de Schneider (Schneider 1971). Os canais mesiais selecionados apresentaram diâmetro apical inicial equivalente a no máximo o de uma lima K#15 (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suíça).

Os dentes foram mantidos em hipoclorito de sódio a 2,5% durante 48 horas e depois imersos em água destilada por 24 horas. Cada raiz mesial foi envolta por uma fina camada de material de impressão (Oranwash L, Zermack, Rovigo, Italia) e inserida em

resina acrílica, simulando o ligamento (Adorno *et al.* 2009; Liu *et al.* 2013; De Deus *et al.* 2014; Ceyhanli *et al.* 2016).

Após abertura coronária, os dentes foram submetidos ao escaneamento inicial por microtomografia computadorizada (Micro CT) usando o microtomógrafo SkyScan 1176 (Bruker-microCT, Kontich, Bélgica) a 70 KV e 557 μ A, resolução de 18 μ m, 360° em torno do eixo vertical de cada amostra, com rotação de 0,5°, tempo de exposição de 7.000 milissegundos e com filtro de alumínio com 0.5 mm de espessura. A reconstrução das imagens foi feita no software NRecon (V1.6.10.4; SkyScan, Bélgica). As imagens reconstruídas foram analisadas em 3D utilizando o software CTAn.

Foram incluídos somente os molares que apresentaram configuração tipo II de Vertucci para os canais mesiais, com canais separados que se unem no ápice em um único forame (Vertucci 1984).

Preparo dos canais mesiais dos molares

Os canais foram explorados com lima K#10 e K#15 (Dentsply Maillefer, Baillages, Suíça) e a patência apical foi determinada com lima tipo K#10 até o forame. O Comprimento Trabalho (CT) foi determinado a 1 mm desta medida. Os canais radiculares foram instrumentados com sistema reciprocante Reciproc[®] R25 (Reciproc[®], VDW, Munique, Alemanha), em motor VDW Silver seguindo os parâmetros preconizados pelo fabricante.

Durante o preparo do canal, o instrumento R25 foi introduzido ao canal radicular em três incrementos, correspondendo ao preparo do terço cervical, médio e apical com movimentos de introdução/remoção seguido de pressão contra as paredes dos canais radiculares. Após cada incremento, o instrumento foi removido do canal, limpo com uma gaze umedecida com hipoclorito de sódio 2,5% e o canal radicular irrigado com 2 ml de hipoclorito de sódio a 2,5%.

Os canais radiculares foram irrigados ao final do preparo com 5,0 mL de hipoclorito de sódio a 2,5%, seguida de 1 mL EDTA 17% (Biodinâmica, Ipirorã, PR, Brasil), mantendo por 3 minutos. A irrigação final foi realizada com 3 ml de Tergentol

(Biodinâmica, Ibiporã, PR, Brasil). Após o preparo, os dentes foram escaneados em micro CT (escanamento pós preparo) seguindo os mesmos parâmetros iniciais. A reconstrução das imagens foi realizada no software NRecon, repetindo os mesmos ajustes nas ferramentas “beam hardening correction”, “post alignment” e “ring artifacts reduction” usados nas imagens iniciais.

Obturação dos canais

Os canais mesiais dos molares inferiores foram obturados utilizando o cimento AH Plus (Dentsply, De Trey, GmbH, Alemanha). A obturação foi realizada pelas técnicas:

- A) Cone único: Após secagem com cone de papel do sistema Reciproc, foi selecionando cone R25 do sistema Reciproc confirmado através de radiografia digital. O cimento endodôntico foi manipulado de acordo com as especificações do fabricante e foi levado aos canais com auxílio de lentulo nº 1 (Dentsply Maillefer, Baillages, Suíça). Em seguida, o cone Reciproc foi envolto por cimento endodôntico e introduzido até o CRT. Posteriormente, foi realizado o corte da guta-percha com condensador de Paiva nº 2 aquecido (Golgran Ind. e Com. de Instrumentos Odontológicos Ltda, São Caetano do Sul, SP, Brasil).
- B) Condensação lateral: Após secagem com cone de papel do sistema Reciproc, foi realizada escolha do cone principal #25 com conicidade 0.02 (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suíça) penetrando até CT, também verificado por meio de radiografia digital. O cimento endodôntico foi manipulado de acordo com as especificações do fabricante e foi levado aos canais com auxílio de lentulo nº 1 (Dentsply Maillefer, Baillages, Suíça). Em seguida, o cone foi envolto pelo cimento e levado ao CT. Para a condensação lateral ativa, foi utilizado o espaçador digital B (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suíça) e cones acessórios R7 (Tanari Ind. Ltda, Manaus, AM, Brasil). A força de até 1,5 kg foi utilizada durante a condensação lateral controlada por balança eletrônica de modo padronizado em todos os dentes em 1,5 kg. Os cones acessórios foram

envoltos em cimento e inseridos até o preenchimento total do canal radicular. O corte da guta-percha foi realizado com condensador de Paiva nº 2 aquecido.

Análise da obturação por microtomografia computadorizada

Após a obturação, os dentes foram mantidos em estufa a 37°C em presença de umidade durante 72 horas. Todas as amostras foram escaneadas em micro-CT (escaneamento pós obturação) com parâmetros do microtomógrafo ajustados em 70 KV e 557µA, resolução de 18 µm, 360° em torno do eixo vertical de cada amostra, com intervalo de rotação de 0,5° e um tempo de exposição de 7.000 milissegundos. O filtro utilizado foi o de cobre / alumínio.

Após o escaneamento “pós obturação”, as imagens foram reconstruídas no software NRecon. Foram realizados testes para definição dos parâmetros adequados das imagens, ajustando as ferramentas “*Ring artifacts reduction*”, “*Beam hardening*” e “*Smoothing*”, proporcionando melhorias significativas na qualidade das imagens reconstruídas, padronizando os valores em 10, 40% e 1, respectivamente, para todas as amostras. Após a reconstrução das imagens, as mesmas foram sobrepostas pelo software Data Viewer (V1.5.2.4; SkyScan, Bélgica) para o correto registro das imagens “pós preparo” (dada como “Reference”) e “pós obturação” (dada como Target), afim de alinhá-las geometricamente.

As imagens “pós preparo” e “pós obturação” foram salvas em corte transversal e abertas em software CTan. Para todas as amostras, a primeira secção que não mostrou o esmalte no terço cervical foi definida como “bottom” e o primeiro corte apical onde foi possível visualizar a raiz, foi selecionado como “top”. Em seguida, a região de interesse (ROI) foi criada em todas as secções transversais e a integração das regiões de interesse em todos os cortes selecionados de cada amostra foi definida como volume de interesse (VOI), e salvo como um novo conjunto de imagens para cada amostra.

O VOI das amostras preparadas foram abertas concomitantemente no software CTan, para a avaliação das secções transversais quanto a análise volumétrica do canal e material obturador, bem como a criação de um modelo 3D. Para as análises quantitativas, o intervalo na escala de cinza necessário para reconhecer o objeto (canal preparado e material obturador), foi determinado um histograma de densidade, processo denominado

binarização ou segmentação. Assim, foi obtido uma imagem final binária, composta por pixels pretos que representam espaços vazios, ou brancos, que representam o objeto de interesse nas imagens “pós preparo” e “pós obturação”.

Uma análise personalizada das imagens, onde funções diversas e operações matemáticas e lógicas foram executadas através da criação de “task lists” ou lista de tarefas, afim de segmentar e mensurar o canal radicular e o material obturador, nas imagens pós preparo e pós obturação, respectivamente. O resultado final deste processo foi a análise volumétrica do canal preparado e material obturador na extensão total e por terços radiculares. A partir dos dados quantitativos obtidos na análise, foi calculado: o percentual de material obturador $[(\text{volume do material obturador} \times 100) / \text{volume do canal}]$ e percentual de falhas na obturação $[(\text{volume do canal} - \text{volume do material obturador}) \times 100 / \text{volume do canal}]$.

A análise estatística foi realizada pelo teste t não pareado para a comparação entre os cimentos e ANOVA e Tukey para a comparação entre os terços radiculares ($P > 0.05$).

Análise da obturação por microscopia invertida digital

Após obturação e escaneamento em micro-CT, os dentes foram fixados em lâmina de acrílico (25x75x1,5mm) e seccionadas (D64, Exakt Advanced Technologies GmbH, Nordestedt, Schleswing-Holstein, Alemanha) em micrótomo para tecido duro (EXACT Diamond Band Device 300 CP, Exakt Advanced Technologies GmbH Nordestedt, Schleswing-Holstein, Alemanha) a 2, 4, 6 e 8 mm do ápice radicular e analisadas em microscópio invertido digital (Olympus MIC-D, Philippines).

Todas as amostras obturadas foram seccionadas perpendicularmente ao longo eixo do dente a 2, 4, 6 e 8 do ápice mm. A avaliação da área do canal, área de guta-percha, cimento e espaços vazios foi realizada por meio da mensuração em programa Image Tool® (UTHSCSA, EUA).

A partir da análise quantitativa, foi calculado o percentual de guta-percha (área de guta-percha x 100 / área do canal), área de espaços vazios (área de falhas x 100 / área do canal) e área de cimento (área do canal – área de guta-percha – área de falhas) em cada

secção. A análise estatística foi realizada pelo teste t não pareado para a comparação entre os cimentos ($p < 0.05$)

Resultados

A condensação lateral ativa promoveu menor percentual de volume de falhas no terço cervical ($p < 0.05$), apresentando diferença significativa quando comparada a técnica de cone único neste nível radicular ($p < 0.05$). O percentual de falhas na obturação foi semelhante entre as técnicas avaliadas na extensão total, terços médio e apical radiculares ($p > 0.05$).

Tabela 1: Médias e desvio padrão do percentual de falhas na obturação por condensação lateral ativa ou cone único.

% falhas	Cone único	Condensação lateral
Total	6.174 (± 4.086) ^A	3.987 (± 1.947) ^A
Cervical	6.139 (± 4.352) ^{Aa}	2.164 (± 1.583) ^{Ba}
Médio	4.537 (± 3.493) ^{Aa}	5.745 (± 4.071) ^{Ab}
Apical	8.457 (± 8.233) ^{Aa}	5.739 (± 3.424) ^{Ab}

Unpaired t test ($P < 0.05$): As letras maiúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença significativa entre as técnicas de obturação ($P > 0.05$). ANOVA e Tukey test ($P < 0.05$): As letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa entre os terços radiculares ($P < 0.05$).

Tabela 2: Médias e desvio padrão do percentual de guta-percha, cimento e falhas na obturação por condensação lateral ativa (LC) ou cone único (SC)

%	Guta percha		Cimento		Falhas	
	SC	LC	SC	LC	SC	LC
2mm	69.63 (±19.91) ^A	71.38 (±13.84) ^A	28.53 (±18.38) ^A	27.20 (±13.37) ^A	1.83 (±2.44) ^A	1.41 (±1.63) ^A
4mm	60.03 (±15.21) ^A	70.73 (±13.81) ^A	38.50 (14.92) ^A	27.94 (±12.90) ^A	1.464 (±3.62) ^A	1.33 (±1.23) ^A
6mm	59.94 (±12.34) ^B	79.18 (±9.94) ^A	42.07 (±12.47) ^A	19.61 (±9.11) ^B	1.26 (±2.69) ^A	1.21 (±1.39) ^A
8mm	66.01 (±16.05) ^B	90.09 (±7.51) ^A	30.87 (±14.59) ^A	14.04 (±12.26) ^B	3.11 (±3.02) ^A	1.64 (±2.30) ^B

Unpaired t test: média e desvio padrão ($P < 0.05$). As letras maiúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença significativa entre as técnicas de obturação ($P > 0.05$).

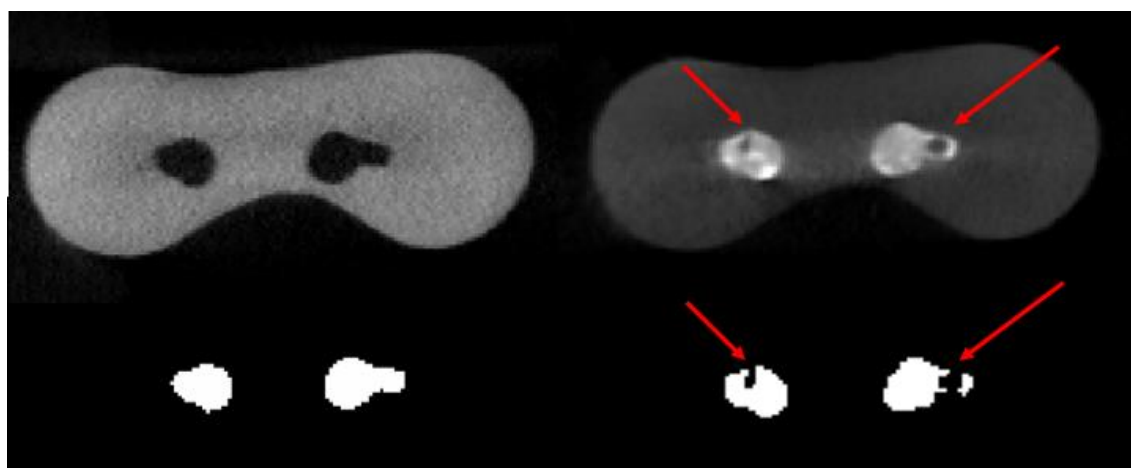


Figura 1 Secção transversal de imagem de micro-CT. Imagem do canal preparado (esquerda) e obturado (direita). As setas apontam as falhas na obturação após condensação lateral ativa

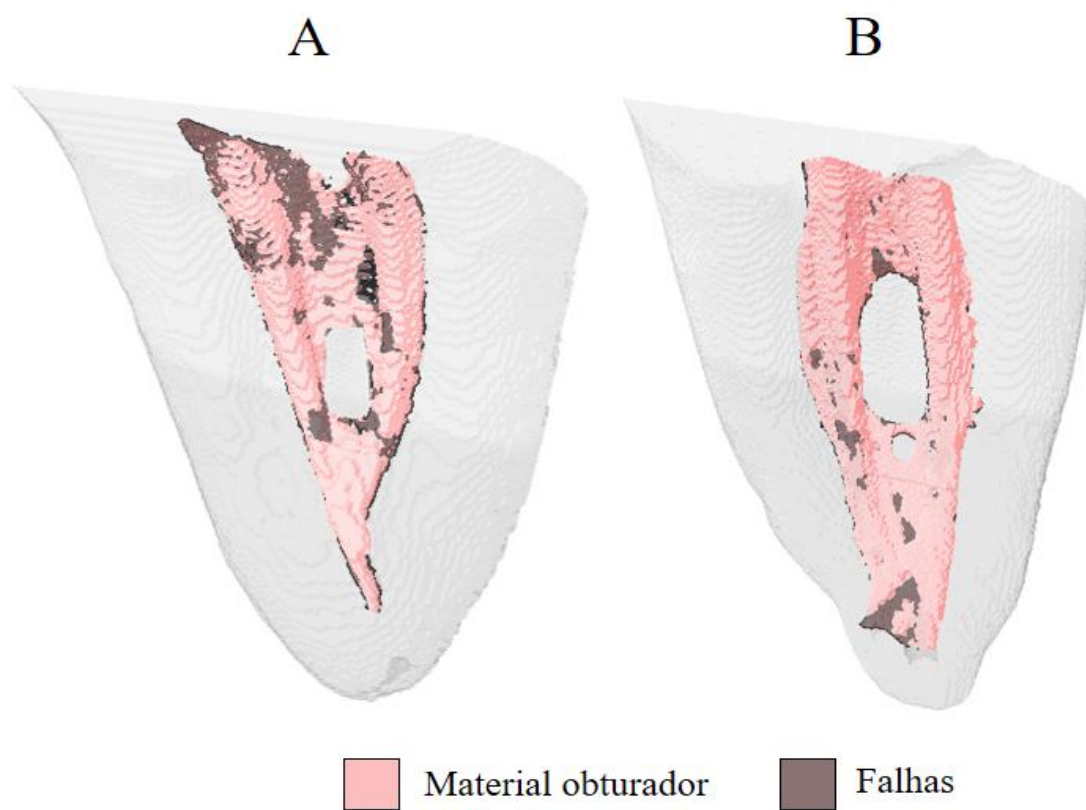


Figura 2 Amostras de modelos tridimensionais dos canais radiculares obturados **A:** Técnica de cone único; **B:** Condensação lateral ativa.

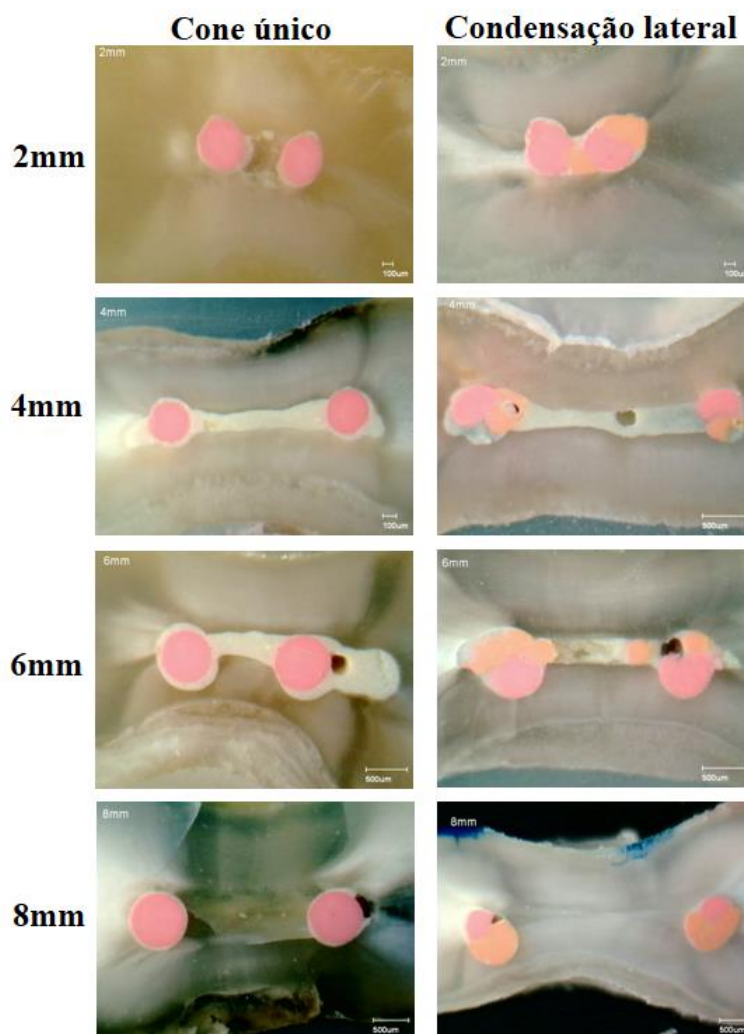


Figura 3 Microscopia digital de cortes radiculares a 2, 4, 6 e 8 mm após obturação pela técnica de cone único ou condensação lateral ativa. Canais preparados com R25 e obturados com AH Plus por duas técnicas de obturação. Cortes a 2mm (aumento de 57X), 4mm (aumento de 49X), 6mm (aumento de 43X) e 8mm (Aumento de 37X) do ápice radicular.

Discussão

A microtomografia computadorizada é um método que permite a análise da mesma amostra em diferentes etapas do tratamento de forma não destrutiva (Li *et al.* 2014). A avaliação por microscopia nos cortes radiculares é usada como metodologia complementar (Schafer *et al.* 2013; Li *et al.* 2014; Schafer *et al.* 2016). O sistema de

irrigação durante o corte é usado para o resfriamento e limpeza da superfície (Schafer *et al.* 2013; Schafer *et al.* 2016). Além disso, a análise da obturação nos cortes transversais radiculares fornece dados bidimensionais.

A microtomografia permite distinguir os materiais obturadores e a estrutura radicular (Celikten *et al.* 2016). Falhas para as diferentes técnicas de obturação podem ser observadas por microtomografia (Naseri *et al.* 2013; Keles *et al.* 2014; Li *et al.* 2014; Wolf *et al.* 2014; Ho *et al.* 2016; Viapiana *et al.* 2016). Os resultados do presente estudo mostraram que as técnicas apresentam falhas na obturação, corroborando com estudos anteriores (Keles *et al.* 2014; Li *et al.* 2014; Wolf *et al.* 2014; Ho *et al.* 2016; Viapiana *et al.* 2016). Durante a análise volumétrica, o percentual de falhas verificado no presente estudo foi de 2 a 8%, com menor percentual observado no terço cervical durante a condensação lateral ativa. Nos terços apical e médio, não houve diferença entre o percentual de falhas quando a técnica de cone único e condensação lateral ativa foram comparadas.

Estudo prévio utilizando micro-CT demonstrou que a condensação lateral ativa apresenta maior percentual de falhas na obturação que duas técnicas termoplásticas (Li *et al.* 2014). Quando canais mesiais de molares inferiores foram obturados apenas com gutapercha pela técnica de condensação lateral, menor percentual do material obturador foi observado nos 6 mm apicais radiculares (entre 65 e 69%) (Ho *et al.* 2016). No presente estudo, quando houve a comparação entre os terços radiculares nos canais obturados pela condensação lateral ativa, maiores percentuais de falhas foram observados nos terços apical e médio, como já demonstrado (Keles *et al.* 2014; Ho *et al.* 2016). Em canais de pré molares superiores, a condensação lateral ativa promoveu maior percentual de falhas nos terços apical e médio radiculares (3.09%) (Keles *et al.* 2014). Os resultados obtidos no presente estudo mostraram maior quantidade de falhas nestes terços (5,73 e 5,74%), possivelmente pela análise em canais mesiais de molares inferiores, com maior complexidade anatômica, incluindo região de istmos. Os espaços criados durante a condensação lateral podem não ser completamente ocupados pelos materiais obturadores, aumentando o percentual de falhas (Keles *et al.* 2014).

A técnica de cone único proporciona menor força de adesão entre o material obturador e a dentina (Mokhtari *et al.* 2015; Rached-Junior *et al.* 2016), e pode apresentar maiores espaços vazios (Alshehri *et al.* 2016; Celikten *et al.* 2016).

Em estudo por micro-CT, Alshehri et al, em 2016, mostraram percentual de falhas semelhante entre as técnicas de cone único e condensação vertical com a guta-percha aquecida, em canais mesiais de molares inferiores a 1, 3 e 5mm do ápice. Maior percentual de falhas no terço cervical radicular com a técnica de cone único durante a obturação de canais de pré-molares superiores foi relatado por Celikten et al., em 2016, concordando com o presente estudo. Estes resultados podem ser explicados pela menor adaptação do cone único no terço cervical e médio de canais com irregularidades anatômicas (Wesselink 2005), o que foi observado durante análise da área nos cortes transversais.

A condensação lateral demonstra alto percentual de guta-percha no terço cervical (Schafer *et al.* 2013; Schafer *et al.* 2016) enquanto que a técnica de cone único, maior percentual de cimento (Schafer *et al.* 2012). No presente estudo, maior preenchimento do canal com guta-percha também pôde ser observado nos cortes de 6 e 8 mm pela técnica de condensação lateral ativa, justificando o menor percentual de falhas no terço cervical observado na análise volumétrica, uma vez que a técnica favorece o maior preenchimento do canal radicular e maior força de adesão entre a dentina e o material obturador (Pereira *et al.* 2017).

No terço apical, ambas as técnicas apresentam percentual de área de guta-percha, cimento e falhas semelhantes. Apesar da conicidade dos cone único ser maior que o cone principal e semelhante ao preparo realizado com R25, a condensação lateral permitiu a inserção de cones auxiliares (Tanomaru-Filho *et al.* 2016), proporcionando um bom preenchimento neste nível radicular. No entanto, a 6 mm do ápice, menor percentual de guta-percha e maior percentual de cimento e falhas foi observado na técnica de cone único. Uma explicação para este fato seria os fatores anatômicos relacionado aos istmos entre os canais mesiais, os quais muitas vezes, dependem da capacidade de selamento do cimento endodôntico. Além disso, durante a técnica de cone único, menor força é exercida sobre o cimento contra as paredes dentinárias, diminuindo a possibilidade do seu escoamento para as áreas de reentrâncias.

Considerando os achados do presente estudo, as técnicas de cone único ou condensação lateral podem ser usadas durante a obturação dos canais mesiais de molares inferiores, de preferência com um cimento endodôntico que apresente bom escoamento e

estabilidade para o correto preenchimento das áreas de reentrâncias e bom selamento do sistema de canais radiculares.

Conclusão

A condensação lateral possibilitou maior preenchimento com menos falhas no terço cervical dos canais mesiais de molares inferiores.

Referências

- Adorno CG, Yoshioka T, Suda H (2009) The effect of root preparation technique and instrumentation length on the development of apical root cracks. *J Endod* **35**(3), 389-392.
- Akhlaghi NM, Abbas FM, Mohammadi M *et al.* (2016) Radicular anatomy of permanent mandibular second molars in an Iranian population: A preliminary study. *Dent Res J (Isfahan)* **13**(4), 362-366.
- Alshehri M, Alamri HM, Alshwaimi E, Kujan O (2016) Micro-computed tomographic assessment of quality of obturation in the apical third with continuous wave vertical compaction and single match taper sized cone obturation techniques. *Scanning* **38**(4), 352-356.
- Amaral ROJF, Leonardi DP, Gabardo MC, Coelho BS, Oliveira KV, Baratto Filho F (2016) Influence of Cervical and Apical Enlargement Associated with the WaveOne System on the Transportation and Centralization of Endodontic Preparations. *J Endod* **42**(4), 626-631.
- Celikten B, Uzuntas CF, Orhan AI *et al.* (2016) Evaluation of root canal sealer filling quality using a single-cone technique in oval shaped canals: An In vitro Micro-CT study. *Scanning* **38**(2), 133-140.
- Ceperuelo D, Lozano M, Duran-Sindreu F, Mercade M (2014) Root canal morphology of Chalcolithic and early bronze age human populations of El Mirador Cave (Sierra de Atapuerca, Spain). *Anat Rec (Hoboken)* **297**(12), 2342-2348.
- Ceyhanli KT, Erdilek N, Tatar I, Celik D (2016) Comparison of ProTaper, RaCe and Safesider instruments in the induction of dentinal microcracks: a micro-CT study. *Int Endod J* **49**(2), 212-215.
- De-Deus G, Belladonna FG, Silva EJNL *et al.* (2015) Micro-CT Evaluation of Non-instrumented Canal Areas with Different Enlargements Performed by NiTi Systems. *Braz Dent J* **26**(6), 624-629.
- De-Deus G, Marins J, Silva EJNL *et al.* (2015) Accumulated hard tissue debris produced during reciprocating and rotary nickel-titanium canal preparation. *J Endod* **41**(5), 676-681.
- De Deus G, Silva EJNL, Marins J *et al.* (2014) Lack of Causal Relationship between Dentinal Microcracks and Root Canal Preparation with Reciprocation Systems. *J Endod* **40**(9), 1447-1450.

- Duque JA, Duarte MAH, Canali LCF *et al.* (2017) Comparative Effectiveness of New Mechanical Irrigant Agitating Devices for Debris Removal from the Canal and Isthmus of Mesial Roots of Mandibular Molars. *J Endod* **43**(2), 326-331.
- Faria-Junior NB, Tanomaru-Filho M, Berbert FL, Guerreiro-Tanomaru JM (2013) Antibiofilm activity, pH and solubility of endodontic sealers. *Int Endod J* **46**(8), 755-762.
- Freire LG, Iglecias EF, Cunha RS, Dos Santos M, Gavini G (2015) Micro-Computed Tomographic Evaluation of Hard Tissue Debris Removal after Different Irrigation Methods and Its Influence on the Filling of Curved Canals. *J Endod* **41**(10), 1660-1666.
- Ho ESS, Chang JWW, Cheung GSP (2016) Quality of root canal fillings using three gutta-percha obturation techniques. *Restor Dent Endod* **41**(1), 22-28.
- Hwang YH, Bae KS, Baek SH *et al.* (2014) Shaping ability of the conventional nickel-titanium and reciprocating nickel-titanium file systems: a comparative study using micro-computed tomography. *J Endod* **40**(8), 1186-1189.
- Kandemir Demirci G, Caliskan MK (2016) A Prospective Randomized Comparative Study of Cold Lateral Condensation Versus Core/Gutta-percha in Teeth with Periapical Lesions. *J Endod* **42**(2), 206-210.
- Keles A, Alcin H, Kamalak A, Versiani MA (2014) Micro-CT evaluation of root filling quality in oval-shaped canals. *Int Endod J* **47**(12), 1177-1184.
- Kierklo A, Tabor Z, Pawinska M, Jaworska M (2015) A microcomputed tomography-based comparison of root canal filling quality following different instrumentation and obturation techniques. *Med Princ Pract* **24**(1), 84-91.
- Li GH, Niu LN, Selem LC *et al.* (2014) Quality of obturation achieved by an endodontic core-carrier system with crosslinked gutta-percha carrier in single-rooted canals. *J Dent* **42**(9), 1124-1134.
- Liu R, Hou BX, Wesselink PR, Wu MK, Shemesh H (2013) The incidence of root microcracks caused by 3 different single-file systems versus the ProTaper system. *J Endod* **39**(8), 1054-1056.
- Marceliano-Alves MFV, Sousa-Neto MD, Fidel SR *et al.* (2015) Shaping ability of single-file reciprocating and heat-treated multife rotary systems: a micro-CT study. *Int Endod J* **48**(12), 1129-1136.
- Mokhtari H, Rahimi S, Forough Reyhani M, Galledar S, Mokhtari Zonouzi HR (2015) Comparison of Push-out Bond Strength of Gutta-percha to Root Canal Dentin in

- Single-cone and Cold Lateral Compaction Techniques with AH Plus Sealer in Mandibular Premolars. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects* **9**(4), 221-225.
- Naseri M, Kangarlou A, Khavid A, Goodini M (2013) Evaluation of the quality of four root canal obturation techniques using micro-computed tomography. *Iran Endod J* **8**(3), 89-93.
- Pereira RD, Brito-Junior M, Leoni GB, de Sousa-Neto MD (2017) Evaluation of Bond Strength in Single-Cone Fillings of Canals with Different Cross-Sections. *Int Endod J* **50**(2), 177-183.
- Rached-Junior FJ, Souza AM, Macedo LM *et al.* (2016) Effect of root canal filling techniques on the bond strength of epoxy resin-based sealers. *Braz Oral Res* **30**.
- Robinson JP, Lumley PJ, Cooper PR, Grover LM, Walmsley AD (2013) Reciprocating root canal technique induces greater debris accumulation than a continuous rotary technique as assessed by 3-dimensional micro-computed tomography. *J Endod* **39**(8), 1067-1070.
- Schafer E, Koster M, Burklein S (2013) Percentage of gutta-percha-filled areas in canals instrumented with nickel-titanium systems and obturated with matching single cones. *J Endod* **39**(7), 924-928.
- Schafer E, Nelius B, Burklein S (2012) A comparative evaluation of gutta-percha filled areas in curved root canals obturated with different techniques. *Clin Oral Investig* **16**(1), 225-230.
- Schafer E, Schrenker C, Zupanc J, Burklein S (2016) Percentage of Gutta-percha Filled Areas in Canals Obturated with Cross-linked Gutta-percha Core-carrier Systems, Single-Cone and Lateral Compaction Technique. *J Endod* **42**(2), 294-298.
- Schilder H (2006) Filling root canals in three dimensions. 1967. *J Endod* **32**(4), 281-290.
- Schneider SW (1971) A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* **32**(2), 271-275.
- Tanomaru-Filho M, Trindade DV, de Almeida LT, Espir CG, Bonetti-Filho I, Guerreiro-Tanomaru JM (2016) Effect of ProTaper and Reciproc preparation and gutta-percha cone on cold lateral compaction. *J Conserv Dent* **19**(5), 410-413.
- Versiani MA, Leoni GB, Steier L *et al.* (2013) Micro-computed tomography study of oval-shaped canals prepared with the self-adjusting file, Reciproc, WaveOne, and ProTaper universal systems. *J Endod* **39**(8), 1060-1066.
- Vertucci FJ (1984) Root canal anatomy of the human permanent teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* **58**(5), 589-599.

- Viapiana R, Moinzadeh AT, Camilleri L, Wesselink PR, Tanomaru Filho M, Camilleri J (2016) Porosity and sealing ability of root fillings with gutta-percha and BioRoot RCS or AH Plus sealers. Evaluation by three ex vivo methods. *Int Endod J* **49**(8), 774-782.
- Wesselink PR (2005) [The filling of the root canal system]. *Ned Tijdschr Tandheelkd* **112**(12), 471-477.
- Whitworth J (2005) Methods of filling root canals: principles and practices. *Endodontic Topics* **12**(1), 2-24.
- Wolf M, Kupper K, Reimann S, Bourauel C, Frentzen M (2014) 3D analyses of interface voids in root canals filled with different sealer materials in combination with warm gutta-percha technique. *Clin Oral Investig* **18**(1), 155-161.
- Zhou HM, Shen Y, Zheng W, Li L, Zheng YF, Haapasalo M (2013) Physical properties of 5 root canal sealers. *J Endod* **39**(10), 1281-1286.

6 PUBLICAÇÃO 5

Obturação de canais radiculares com cimento de silicato de cálcio em raízes mesiais de molares – análise microtomográfica

*Artigo formatado segundo as normas do periódico Journal of Endodontics

Resumo

Introdução: O objetivo deste estudo foi avaliar por micro-CT a qualidade da obturação usando cimento de silicato de cálcio em canais mesiais de molares inferiores. **Material e Método:** Foram utilizados canais radiculares de 20 molares inferiores com curvatura moderada (10 a 20°), preparados com instrumentos de Níquel-Titânio ProDesign S (25/.08). Os canais foram obturados pela condensação lateral ativa de guta percha associada aos cimentos Total Fill BC Sealer (n=10) ou AH Plus (n=10). Os dentes foram escaneados em micro-CT após o preparo e obturação e as imagens analisadas quanto ao volume do canal e material obturador na extensão total e por terços radiculares. Área do preparo, de material obturador e de falhas foram analisados em cortes radiculares transversais a 2, 4, 6 e 8 mm do ápice radicular. Os dados obtidos foram analisados pelos testes t não pareado e ANOVA e Tukey, com nível de significância de 5%. **Resultados:** As falhas na obturação foram semelhantes para os cimentos AH Plus e Total Fill BC Sealer pela análise volumétrica ($p>0.05$). Para o cimento Total Fill BC Sealer, maior percentual de falhas foi observado nos terços apical e médio ($p<0.05$), enquanto que para o AH Plus, não houve diferença entre os terços radiculares ($p>0.05$). Área de guta-percha, cimento e falhas foram semelhantes ($p>0.05$). **Conclusão:** Conclui-se que o percentual de falhas na obturação são semelhantes quando a técnica de condensação lateral usando o cimento de silicato de cálcio Total Fill BC Sealer ou AH Plus em canais mesiais de molares inferiores.

Palavras chave Condensação lateral, imagem de microtomografia, Total Fill BC Sealer, cimento de silicato de cálcio, obturação do canal radicular

Key Words Lateral compaction, micro-computed tomographic imaging, Total Fill BC Sealer, tricalcium silicate sealers, root canal obturation

Introdução

O objetivo da obturação é proporcionar selamento tridimensional do canal radicular, incluindo o sistema de canais radiculares (1-3). O sucesso do tratamento endodôntico depende da capacidade seladora dos materiais (4). As propriedades apresentadas pelo cimento endodôntico podem influenciar no selamento dos canais radiculares (5, 6).

As características morfológicas dos canais radiculares influenciam nas diferentes etapas e no sucesso do tratamento (7). Os canais mesiais de molares inferiores podem apresentar variabilidade no diâmetro apical e presença de istmos (8), entre os dois canais dificultando a limpeza durante a instrumentação (9), bem como a obturação (10). Estudos vem mostrando alto percentual de raízes mesiais de molares inferiores com dois canais que se unem pelos istmos apresentando um único forame (11, 12).

A condensação lateral proporciona maior percentual de guta-percha (2, 13), e pode favorecer o escoamento do cimento endodôntico, atingindo as áreas de irregularidades anatômicas presentes no sistema de canais radiculares.

Os cimentos biocerâmicos contendo silicato e / ou fosfato de cálcio apresentam biocompatibilidade, pH alcalino, atividade antimicrobiana, estabilidade química e mecânica (5, 14-16). Total Fill BC Sealer é um cimento biocerâmico a base de silicato de cálcio biocompatível (16). Total Fill BC Sealer é comercializado na forma de uma pasta pré preparada (17, 18). A umidade presente no interior de túbulos dentinários promove a sua presa (19). Apresenta estabilidade dimensional e bom escoamento (5) com capacidade de penetração em túbulos dentinários (20).

O objetivo deste estudo é avaliar por micro-CT e microscopia a qualidade da obturação usando cimento de silicato de cálcio Total fill BC Sealer ou AH Plus em canais mesiais de molares inferiores. A hipótese nula é que não há diferença entre os cimentos para o percentual de falhas na obturação.

Material e método

Seleção dos dentes

Foram utilizados 20 molares inferiores, obtidos do Banco de dentes da Faculdade de Odontologia de Araraquara, FOAr - UNESP e aprovados pelo Comitê de Ética em pesquisa em humanos da mesma (CAAE 49889215.9.0000.5416) (Anexo A). Os dentes foram observados sob aumento de 20X, e por meio de radiografia digital (Kodak RVG 6100 Digital Radiography System, França) para a exclusão de raízes com linhas de fratura. Foram selecionadas raízes com comprimento radicular (10 ± 1 mm) e ângulo de curvatura da raiz mesial para a distal, entre 10 a 20° (21, 22), de acordo com a classificação de Schneider (23). Os canais mesiais selecionados apresentaram diâmetro apical inicial equivalente a no máximo o de uma lima K#15 (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suíça).

Os dentes foram mantidos em hipoclorito de sódio a 2,5% durante 48 horas e depois imersos em água destilada por 24 horas. Cada raiz mesial foi envolta por uma fina camada de material de impressão (Oranwash L, Zermack, Rovigo, Italia) e inserida em resina acrílica, simulando o ligamento (24-27).

Após abertura coronária, os dentes foram submetidos ao escaneamento inicial por microtomografia computadorizada (Micro CT) usando o microtomógrafo SkyScan 1176 (Bruker-microCT, Kontich, Bélgica) a 70 KV e 557 μ A, resolução de 18 μ m, 360° em torno do eixo vertical de cada amostra, com rotação de 0,5°, tempo de exposição de 7.000 milissegundos e com filtro de alumínio com 0.5 mm de espessura. A reconstrução das imagens foi feita no software NRecon (V1.6.10.4; SkyScan, Bélgica). As imagens reconstruídas foram analisadas em 3D utilizando o software CTAn.

Foram incluídos somente os molares que apresentaram configuração tipo II de Vertucci para os canais mesiais, com canais separados que se unem no ápice em um único forame (7).

Preparo dos canais mesiais dos molares

Os canais foram explorados com lima K#10 e K#15 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça) e a patência apical foi determinada com lima tipo K#10 até o forame. O

Comprimento Trabalho (CT) foi determinado a 1 mm desta medida. Os canais radiculares foram instrumentados com sistema reciprocante Reciproc[®] R25 (Reciproc®, VDW, Munique, Alemanha), em motor VDW Silver seguindo os parâmetros preconizados pelo fabricante.

Durante o preparo do canal, o instrumento R25 foi introduzido ao canal radicular em três incrementos, correspondendo ao preparo do terço cervical, médio e apical com movimentos de introdução/remoção seguido de pressão contra as paredes dos canais radiculares. Após cada incremento, o instrumento foi removido do canal, limpo com uma gaze umedecida com hipoclorito de sódio 2,5% e o canal radicular irrigado com 2 ml de hipoclorito de sódio a 2,5%.

Os canais radiculares foram irrigados ao final do preparo com 5,0 mL de hipoclorito de sódio a 2,5%, seguida de 1 mL EDTA 17% (Biodinâmica, Ibiporã, PR, Brasil), mantendo por 3 minutos. A irrigação final foi realizada com 3 ml de Tergentol (Biodinâmica, Ibiporã, PR, Brasil). Após o preparo, os dentes foram escaneados em micro CT (escanamento pós preparo) seguindo os mesmos parâmetros iniciais. A reconstrução das imagens foi realizada no software NRecon, repetindo os mesmos ajustes nas ferramentas “beam hardening correction”, “post alignment” e “ring artifacts reduction” usados nas imagens iniciais.

Obturação dos canais

Para a obturação, todos os canais foram obturados pela técnica de condensação lateral ativa, usando cimento endodôntico AH Plus (Dentsply, De Trey, GmbH, Alemanha) (n=10) ou Total Fill BC Sealer (Brasseler USA, Savannah, GA, EUA) (n=10). Após secagem do canal com pontas de papel #25 (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suíça) foi realizada a prova do cone principal #25 com conicidade 0.02 (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suíça) e o ajuste do mesmo no CRT. O cimento endodôntico foi manipulado de acordo com as especificações do fabricante e foi levado aos canais com auxílio de lentulo nº 1 (Dentsply Maillefer, Baillages, Suíça). Em seguida, o cone principal foi envolto pelo cimento e levado ao CRT. Para a condensação lateral ativa, foi utilizado o espaçador digital B (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suíça) e cones acessórios R7 (Tanari Ind. Ltda, Manaus, AM, Brasil). A força utilizada durante a condensação lateral foi

controlada por uma balança eletrônica de modo padronizado em todos os dentes em 1,5 kg. Os cones acessórios foram envoltos em cimento e inseridos nos espaços criados durante a condensação lateral, até o preenchimento total do canal radicular. Por fim, foi realizado o corte da guta-percha com condensador de Paiva nº 2 aquecido. Após a obturação, os dentes foram mantidos em estufa a 37°C em presença de umidade durante 72 horas para permitir o tempo necessário para a presa final do cimento obturador.

Análise da obturação por microtomografia computadorizada

Após a obturação, os dentes foram mantidos em estufa a 37°C em presença de umidade durante 72 horas. Todas as amostras foram escaneadas em micro-CT (escaneamento pós obturação) com parâmetros do microtomógrafo ajustados em 70 KV e 557µA, resolução de 18 µm, 360° em torno do eixo vertical de cada amostra, com intervalo de rotação de 0,5° e um tempo de exposição de 7.000 milissegundos. O filtro utilizado foi o de cobre / alumínio.

Após o escaneamento “pós obturação”, as imagens foram reconstruídas no software NRecon. Foram realizados testes para definição dos parâmetros adequados das imagens, ajustando as ferramentas “*Ring artifacts reduction*”, “*Beam hardening*” e “*Smoothing*”, proporcionando melhorias significativas na qualidade das imagens reconstruídas, padronizando os valores em 10, 40% e 1, respectivamente, para todas as amostras. Após a reconstrução das imagens, as mesmas foram sobrepostas pelo software Data Viewer (V1.5.2.4; SkyScan, Bélgica) para o correto registro das imagens “pós preparo” (dada como “Reference”) e “pós obturação” (dada como Target), afim de alinhá-las geometricamente.

As imagens “pós preparo” e “pós obturação” foram salvas em corte transversal e abertas em software CTan. Para todas as amostras, a primeira secção que não mostrou o esmalte no terço cervical foi definida como “bottom” e o primeiro corte apical onde foi possível visualizar a raiz, foi selecionado como “top”. Em seguida, a região de interesse (ROI) foi criada em todas as secções transversais e a integração das regiões de interesse em todos os cortes selecionados de cada amostra foi definida como volume de interesse (VOI), e salvo como um novo conjunto de imagens para cada amostra.

O VOI das amostras preparadas foram abertas concomitantemente no software CTan, para a avaliação das secções transversais quanto a análise volumétrica do canal e material obturador, bem como a criação de um modelo 3D. Para as análises quantitativas, o intervalo na escala de cinza necessário para reconhecer o objeto (canal preparado e material obturador), foi determinado um histograma de densidade, processo denominado binarização ou segmentação. Assim, foi obtido uma imagem final binária, composta por pixels pretos que representam espaços vazios, ou brancos, que representam o objeto de interesse nas imagens “pós preparo” e “pós obturação”.

Uma análise personalizada das imagens, onde funções diversas e operações matemáticas e lógicas foram executadas através da criação de “task lists” ou lista de tarefas, afim de segmentar e mensurar o canal radicular e o material obturador, nas imagens pós preparo e pós obturação, respectivamente. O resultado final deste processo foi a análise volumétrica do canal preparado e material obturador na extensão total e por terços radiculares. A partir dos dados quantitativos obtidos na análise, foi calculado: o percentual de material obturador $[(\text{volume do material obturador} \times 100) / \text{volume do canal}]$ e percentual de falhas na obturação $[(\text{volume do canal} - \text{volume do material obturador}) \times 100 / \text{volume do canal}]$.

A análise estatística foi realizada pelo teste t não pareado para a comparação entre os cimentos e ANOVA e Tukey para a comparação entre os terços radiculares ($P > 0.05$).

Análise da obturação por microscopia invertida digital

Após obturação e escaneamento em micro-CT, os dentes foram fixados em lâmina de acrílico (25x75x1,5mm) e seccionadas (D64, Exakt Advanced Technologies GmbH, Nordestedt, Schleswing-Holstein, Alemanha) em micrótomo para tecido duro (EXACT Diamond Band Device 300 CP, Exakt Advanced Technologies GmbH Nordestedt, Schleswing-Holstein, Alemanha) a 2, 4, 6 e 8 mm do ápice radicular e analisadas em microscópio invertido digital (Olympus MIC-D, Philippines).

Todas as amostras obturadas foram seccionadas perpendicularmente ao longo eixo do dente a 2, 4, 6 e 8 do ápice mm. A avaliação da área do canal, área de guta-percha, cimento e espaços vazios foi realizada por meio da mensuração em programa Image Tool® (UTHSCSA, EUA).

A partir da análise quantitativa, foi calculado o percentual de guta-percha (área de guta-percha x 100 / área do canal), área de espaços vazios (área de falhas x 100 / área do canal) e área de cimento (área do canal – área de guta-percha – área de falhas) em cada secção. A análise estatística foi realizada pelo teste t não pareado para a comparação entre os cimentos ($p < 0.05$)

Resultados

Ambos os grupos apresentaram falhas na obturação, sem diferença significativa entre os cimentos AH Plus e Total Fill BC Sealer durante a análise volumétrica ($p > 0.05$). No grupo do cimento Total Fill BC Sealer, maior percentual de falhas foi observado nos terços apical em médio ($p < 0.05$), enquanto que no grupo de canais obturados com AH Plus, não houve diferença entre os terços radiculares ($p > 0.05$).

A análise por microscopia apresentou resultados semelhantes quanto ao percentual de área de guta-percha, cimento e falhas na obturação, sem diferença significativa quando AH Plus ou Total Fill BC Sealer foram usados durante a condensação lateral, a 2, 4, 6 ou 8 mm do ápice radicular ($P > 0.05$).

Tabela 1: Médias e desvio padrão do percentual de falhas na obturação por condensação lateral ativa com diferentes cimentos endodônticos após preparo com sistema rotatório/reciprocante ProDesign Duo Híbrido.

% falhas	AH Plus	Total Fill BC Sealer
Total	4.643 (± 4.208) ^A	4.962 (± 3.136) ^A
Cervical	4.036 (± 3.871) ^{Aa}	2.751 (± 2.091) ^{Aa}
Médio	3.906 (± 3.792) ^{Aa}	6.446 (± 4.547) ^{Aab}
Apical	8.806 (± 8.148) ^{Aa}	10.88 (± 7.673) ^{Ab}

As letras maiúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença significativa entre os cimentos endodônticos ($P > 0.05$). As letras maiúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa entre os terços radiculares ($P > 0.05$).

Tabela 2: Médias e desvio padrão do percentual de guta-percha, cimento e falhas na obturação por condensação lateral ativa com cimentos AH Plus (AHP) ou Total Fill BC Sealer (BCS)

	Guta percha		Cimento		Falhas	
	AHP	BCS	AHP	BCS	AHP	BCS
2mm	72.37 (± 17.64) ^A	68.26 (± 9.88) ^A	24.74 (± 16.46) ^A	29.03 (± 11.41) ^A	2.89 (± 3.29) ^A	2.69 (± 2.88) ^A
4mm	70.94 (± 17.83) ^A	69.38 (± 13.75) ^A	27.19 (± 16.81) ^A	27.85 (± 13.21) ^A	1.86 (± 2.05) ^A	2.75 (± 2.37) ^A
6mm	72.60 (± 11.17) ^A	79.79 (± 10.44) ^A	26.68 (± 10.50) ^A	19.10 (± 9.69) ^A	0.71 (± 1.01) ^A	1.00 (± 0.94) ^A
8mm	78.81 (± 7.23) ^A	80.33 (± 6.25) ^A	19.11 (± 7.67) ^A	18.43 (± 6.04) ^A	2.08 (± 2.10) ^A	1.22 (± 0.65) ^A

Teste t não pareado ($P < 0.05$): As letras maiúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença significativa entre as técnicas de obturação ($P > 0.05$).

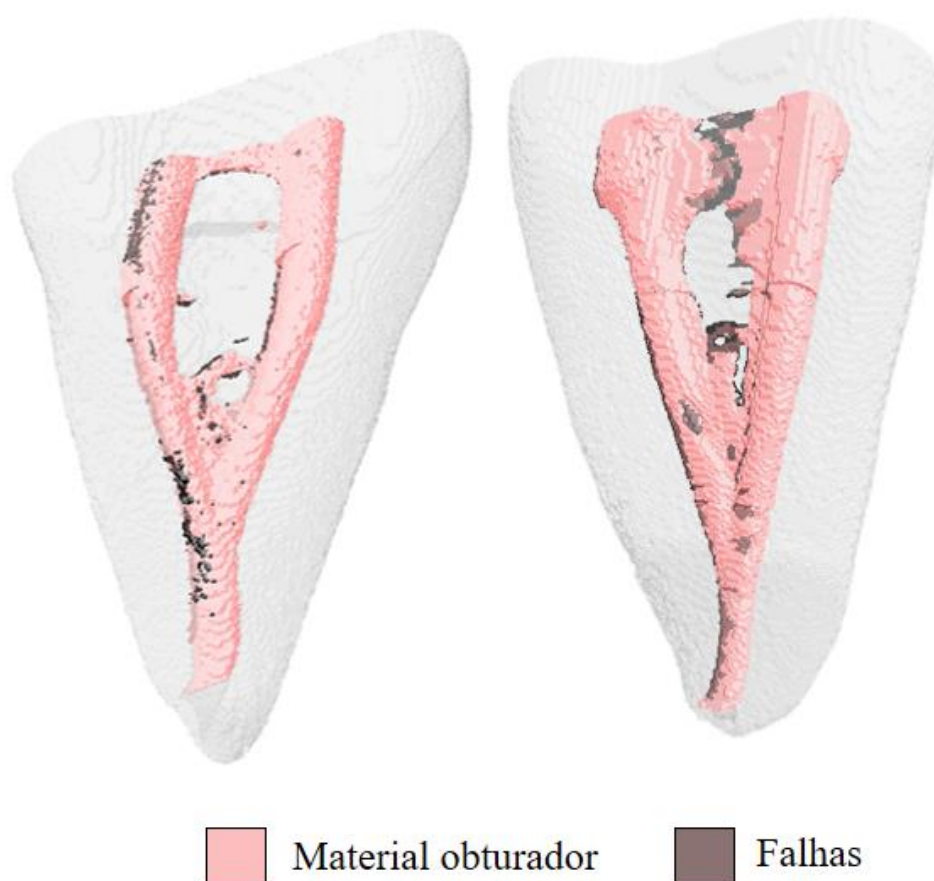


Figura 1. Amostras de modelos tridimensionais dos canais radiculares obturados pela técnica de condensação lateral ativa. **A:** AH Plus; **B:** Total Fill BC Sealer.

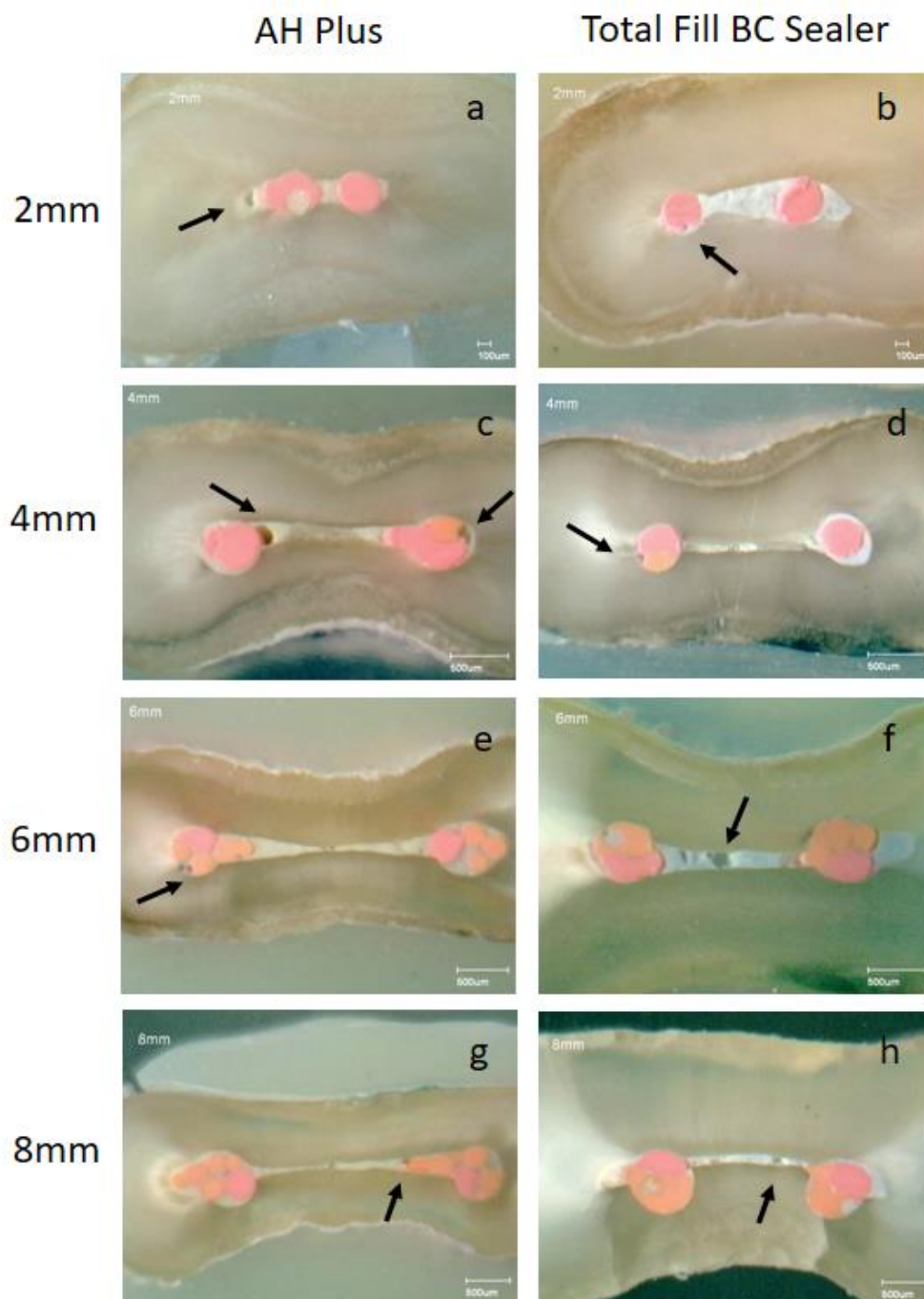


Figura 2. Microscopia digital de cortes transversais radiculares a 2, 4, 6 e 8 mm após obturação por condensação lateral ativa com diferentes cimentos endodônticos. A, B: aumento de 57X; C, D: aumento de 49X ; E, F: aumento de 43X; G, H: aumento de 37X

Discussão

Os cimento Total Fill BC Sealer é um cimento biocerâmico com composição muito semelhante ao Endosequence BC Sealer. Endosequence BC Sealer apresenta características biológicas como atividade antimicrobiana e biocompatibilidade (15), além de pH alcalino, alta liberação de íons cálcio, radiopacidade e capacidade de escoamento (28). A capacidade de escoamento do cimento é uma propriedade importante que pode determinar a sua extensão para as áreas de irregularidades anatômicas e espaços entre o cone principal e acessórios, promovendo melhor selamento dos canais radiculares (5). Entretanto, maior solubilidade e espessura de filme foram observadas para Endosequence BC Sealer quando comparado ao AH Plus (5).

AH Plus é um cimento a base de resina epóxi usado como referência para a comparação com outros cimentos. Apresenta-se na forma de duas pastas que devem ser misturadas, de fácil manipulação. AH plus mostrou características semelhantes quanto ao escoamento e estabilidade dimensional quando comparado ao Endosequence BC Sealer (5).

Os resultados do presente estudo mostraram falhas na obturação usando os diferentes cimentos endodônticos, durante a condensação lateral ativa, corroborando com outros estudos (2-4, 29). Os resultados observados durante a análise do percentual de volume de falhas não mostraram diferença entre os cimentos avaliados. Isso pode estar relacionado à capacidade de escoamento de ambos os cimentos ser semelhante (5).

Estudo recente por micro-CT avaliou o percentual de falhas na obturação de canais de pré molares superiores e verificaram um preenchimento dos canais por Endosequence BC Sealer em um percentual de 98.42%, semelhante aos valores obtidos com os cimentos Smarpaste bio, Activ GP e AH Plus. As falhas foram encontradas em um percentual de 1.87% (4).

No presente estudo, as imagens de micro-CT foram analisadas incluindo cimento e guta-percha, com preenchimento de 95.35% e 95.03% durante a condensação lateral com cimentos AH plus e Total Fill BC Sealer, respectivamente. Os percentuais de falhas obtidos no presente estudo não mostraram diferença significativa entre os cimentos utilizados. No entanto, na comparação entre os terços, Total fill BC Sealer mostrou maior percentual de falhas no terço apical e médio. O percentual de falhas nos terços médio e

apical foi maior que o observado por Keles et al. durante a condensação lateral ativa (4.26, 6.11, 3.09 e 3.09% na extensão total, terços cervical, médio e apical, respectivamente), possivelmente pelo estudo ser realizado em canais mesiais de molares inferiores com maior complexidade anatômica, enquanto que o estudo anterior foi realizado em canais ovais de pré molares superiores (30).

A análise por microscopia nos cortes radiculares apresenta algumas limitações, e foi usada como metodologia complementar (3, 13, 31). Os cortes analisados por microscopia mostraram alto percentual de guta-percha. Na análise dos cortes a 2, 4, 6 e 8 mm, os canais obturados com AH Plus mostraram percentuais médios entre 70 a 78% de guta-percha e com Total Fill BC Sealer, entre 68 a 80%. Embora sendo comparados em metodologias diferentes, os percentuais de guta percha obtidos no presente estudo são semelhantes aos obtidos um estudo recente realizado por Ho et al. (32).

Um estudo prévio avaliou a condensação lateral, usando cone principal com conicidade 0.02, após diferentes tipos de preparos em pré molares inferiores, obtendo percentuais de guta-percha entre 80 a 85% nos cortes de 2 mm, entre 83 a 86% nos cortes de 4 mm, entre 86 a 90% nos cortes de 6 mm e 92 % nos cortes a 8 mm do ápice radicular. Os percentuais de cimento encontrados estavam entre 12 a 17% nos cortes de 2 mm, entre 12 a 15% nos cortes de 4 mm, entre 9 a 12 % nos cortes de 6 mm e 6% nos cortes de 8 mm. Falhas na obturação variaram de 1.06 a 2.25% a 2 mm, de 0.86 a 1.13% a 4 mm, de 0.25 a 1.62% a 6 mm e de 0.96 a 1.12% a 8 mm do ápice (3). Durante a técnica de obturação por condensação lateral ativa, os cones de guta-percha com conicidade 0.02 permitem maior penetração de cones auxiliares no terço apical (33).

Estudo prévio por micro-CT demonstrou que a condensação lateral ativa apresenta maior percentual de falhas na obturação que duas técnicas termoplásticas (31). Durante a condensação lateral a presença de falhas pode ocorrer devido ao uso de espaçador digital, o qual abre um espaço em linha reta ou cria marcas nas guta-perchas presentes, para a inserção de novos cones de guta-percha e cimento. Muitas vezes, os espaços criados não são completamente ocupados pelos materiais obturadores, aumentando o percentual de falhas (30).

Desta forma, a técnica de condensação lateral associando guta-percha e cimentos endodônticos Total Fill BC Sealer ou AH Plus em canais mesiais de molares inferiores proporciona um preenchimento do canal radicular acima de 95%. Testes complementares

são importantes afim de verificar a estabilidade dos materiais obturadores e a infiltração de micro-organismos, o que pode influenciar no sucesso após o tratamento.

Conclusão

Conclui-se que o percentual de falhas na obturação são semelhantes quando a técnica de condensação lateral usando os cimento de silicato de cálcio Total Fill BC Sealer ou AH Plus em canais mesiais de molares inferiores.

Referências:

1. Schilder H. Filling root canals in three dimensions. 1967. *J Endod* 2006;32(4):281-290.
2. Schafer E, Nelius B, Burklein S. A comparative evaluation of gutta-percha filled areas in curved root canals obturated with different techniques. *Clin Oral Investig* 2012;16(1):225-230.
3. Schafer E, Schrenker C, Zupanc J, Burklein S. Percentage of Gutta-percha Filled Areas in Canals Obturated with Cross-linked Gutta-percha Core-carrier Systems, Single-Cone and Lateral Compaction Technique. *J Endod* 2016;42(2):294-298.
4. Celikten B, Uzuntas CF, Orhan AI, Orhan K, Tufenkci P, Kursun S, et al. Evaluation of root canal sealer filling quality using a single-cone technique in oval shaped canals: An In vitro Micro-CT study. *Scanning* 2016;38(2):133-140.
5. Zhou HM, Shen Y, Zheng W, Li L, Zheng YF, Haapasalo M. Physical properties of 5 root canal sealers. *J Endod* 2013;39(10):1281-1286.
6. Al-Haddad A, Abu Kasim NH, Che Ab Aziz ZA. Interfacial adaptation and thickness of bioceramic-based root canal sealers. *Dental materials journal* 2015;34(4):516-521.
7. Vertucci FJ. Root canal anatomy of the human permanent teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1984;58(5):589-599.
8. Villas-Boas MH, Bernardineli N, Cavenago BC, Marciano M, Del Carpio-Perochena A, de Moraes IG, et al. Micro-computed tomography study of the internal anatomy of mesial root canals of mandibular molars. *J Endod* 2011;37(12):1682-1686.
9. Duque JA, Duarte MAH, Canali LCF, Zancan RF, Vivan RR, Bernardes RA, et al. Comparative Effectiveness of New Mechanical Irrigant Agitating Devices for Debris Removal from the Canal and Isthmus of Mesial Roots of Mandibular Molars. *J Endod* 2016.
10. Freire LG, Iglecias EF, Cunha RS, Dos Santos M, Gavini G. Micro-Computed Tomographic Evaluation of Hard Tissue Debris Removal after Different Irrigation Methods and Its Influence on the Filling of Curved Canals. *J Endod* 2015;41(10):1660-1666.
11. Ceperuelo D, Lozano M, Duran-Sindreu F, Mercade M. Root canal morphology of Chalcolithic and early bronze age human populations of El Mirador Cave (Sierra de Atapuerca, Spain). *Anatomical record* 2014;297(12):2342-2348.

12. Akhlaghi NM, Abbas FM, Mohammadi M, Shamloo MR, Radmehr O, Kaviani R, et al. Radicular anatomy of permanent mandibular second molars in an Iranian population: A preliminary study. *Dent Res J (Isfahan)* 2016;13(4):362-366.
13. Schafer E, Koster M, Burklein S. Percentage of gutta-percha-filled areas in canals instrumented with nickel-titanium systems and obturated with matching single cones. *J Endod* 2013;39(7):924-928.
14. AlShwaimi E, Bogari D, Ajaj R, Al-Shahrani S, Almas K, Majeed A. In Vitro Antimicrobial Effectiveness of Root Canal Sealers against *Enterococcus faecalis*: A Systematic Review. *J Endod* 2016;42(11):1588-1597.
15. Candeiro GTM, Moura-Netto C, D'Almeida-Couto RS, Azambuja-Junior N, Marques MM, Cai S, et al. Cytotoxicity, genotoxicity and antibacterial effectiveness of a bioceramic endodontic sealer. *Int Endod J* 2016;49:858-864.
16. Rodriguez-Lozano FJ, Garcia-Bernal D, Onate-Sanchez RE, Ortolani-Seltenerich PS, Forner L, Moraleda JM. Evaluation of cytocompatibility of calcium silicate-based endodontic sealers and their effects on the biological responses of mesenchymal dental stem cells. *Int Endod J* 2015.
17. DeLong C, He J, Woodmansey KF. The effect of obturation technique on the push-out bond strength of calcium silicate sealers. *J Endod* 2015;41(3):385-388.
18. Gokturk H, Bayram E, Bayram HM, Aslan T, Ustun Y. Effect of double antibiotic and calcium hydroxide pastes on dislodgement resistance of an epoxy resin-based and two calcium silicate-based root canal sealers. *Clin Oral Investig* 2016.
19. Agrafioti A, Koursoumis AD, Kontakiotis EG. Re-establishing apical patency after obturation with Gutta-percha and two novel calcium silicate-based sealers. *Eur J Dent* 2015;9(4):457-461.
20. McMichael GE, Primus CM, Opperman LA. Dentinal Tubule Penetration of Tricalcium Silicate Sealers. *J Endod* 2016;42(4):632-636.
21. Amaral ROJF, Leonardi DP, Gabardo MC, Coelho BS, Oliveira KV, Baratto Filho F. Influence of Cervical and Apical Enlargement Associated with the WaveOne System on the Transportation and Centralization of Endodontic Preparations. *J Endod* 2016.
22. Marceliano-Alves MFV, Sousa-Neto MD, Fidel SR, Steier L, Robinson JP, Pecora JD, et al. Shaping ability of single-file reciprocating and heat-treated multife rotary systems: a micro-CT study. *Int Endod J* 2015;48(12):1129-1136.
23. Schneider SW. A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1971;32(2):271-275.

24. Adorno CG, Yoshioka T, Suda H. The effect of root preparation technique and instrumentation length on the development of apical root cracks. *J Endod* 2009;35(3):389-392.
25. De Deus G, Silva EJNL, Marins J, Souza E, Neves AA, Belladonna FG, et al. Lack of Causal Relationship between Dentinal Microcracks and Root Canal Preparation with Reciprocation Systems. *J Endod* 2014.
26. Liu R, Hou BX, Wesselink PR, Wu MK, Shemesh H. The incidence of root microcracks caused by 3 different single-file systems versus the ProTaper system. *J Endod* 2013;39(8):1054-1056.
27. Ceyhanli KT, Erdilek N, Tatar I, Celik D. Comparison of ProTaper, RaCe and Safesider instruments in the induction of dentinal microcracks: a micro-CT study. *Int Endod J* 2016;49(2):212-215.
28. Candeiro GTM, Correia FC, Duarte MAH, Ribeiro-Siqueira DC, Gavini G. Evaluation of radiopacity, pH, release of calcium ions, and flow of a bioceramic root canal sealer. *J Endod* 2012;38(6):842-845.
29. Moeller L, Wenzel A, Wegge-Larsen AM, Ding M, Kirkevang LL. Quality of root fillings performed with two root filling techniques. An in vitro study using micro-CT. *Acta odontologica Scandinavica* 2013;71(3-4):689-696.
30. Keles A, Alcin H, Kamalak A, Versiani MA. Micro-CT evaluation of root filling quality in oval-shaped canals. *Int Endod J* 2014.
31. Li GH, Niu LN, Selem LC, Eid AA, Bergeron BE, Chen JH, et al. Quality of obturation achieved by an endodontic core-carrier system with crosslinked gutta-percha carrier in single-rooted canals. *J Dent* 2014;42(9):1124-1134.
32. Ho ESS, Chang JWW, Cheung GSP. Quality of root canal fillings using three gutta-percha obturation techniques. *Restorative dentistry & endodontics* 2016;41(1):22-28.
33. Tanomaru-Filho M, Trindade DV, de Almeida LT, Espir CG, Bonetti-Filho I, Guerreiro-Tanomaru JM. Effect of ProTaper and Reciproc preparation and gutta-percha cone on cold lateral compaction. *Journal of conservative dentistry : JCD* 2016;19(5):410-413.

7 DISCUSSÃO

O sucesso do tratamento endodôntico depende da correta limpeza e modelagem, com manutenção da trajetória original dos canais radiculares (Amaral et al.⁵, 2016; Marceliano-Alves et al.³², 2015) e do selamento durante a obturação (Schilder⁵³, 2006). Os instrumentos de níquel titânio apresentam maior flexibilidade e favorecem o preparo dos canais possibilitando maior rapidez (Katge et al.²³, 2014) e diminuindo os riscos de transporte do canal radicular durante o tratamento endodôntico (Almeida et al.³, 2015; Amaral et al.⁵, 2016; Limoeiro et al.²⁹, 2016)

Os primeiros instrumentos de níquel titânio foram introduzidos em 1988, para serem acionados mecanicamente por meio da rotação contínua (Ahn et al.¹, 2016). Vinte anos após, uma nova opção de preparo para os canais radiculares foi proposta por meio de um único instrumento (Protaper F2) em cinemática reciprocante (Yared⁶⁵, 2008). Com isso, sistemas de instrumento único ou com número reduzido de instrumentos com diferentes tratamentos na liga de NiTi passaram a ser disponibilizados no mercado, sendo recomendados para a cinemática reciprocante ou híbrida. Estudos mostram que a cinemática reciprocante diminui o estresse do instrumento às paredes dentinárias (Gavini et al.¹⁷, 2012) e permite efetivo preparo dos canais radiculares (Burklein et al.⁷, 2012; Hwang et al.²¹, 2014).

No presente estudo, o sistema rotatório Mtwo proporcionou maior aumento de volume nos canais achatados de incisivos inferiores quando comparado ao instrumento reciprocante Reciproc R40, sem diferença entre eles quanto as áreas de superfície não instrumentada e debris remanescente. No entanto, quando o instrumento único Mtwo 40.06 foi utilizado em cinemática reciprocante anti-horária, apesar do aumento de volume dos canais ter sido superior ao R40, houve grande porcentagem de superfície dentinária do canal não tocada pelo instrumento, assim como alto percentual de debris. Maior aumento de volume obtido durante o preparo com Mtwo pode ser justificado pela conicidade do instrumento constante, enquanto que o Reciproc apresenta uma conicidade reduzida a partir do terceiro milímetro. Maior aumento de volume e conicidade durante o preparo possibilitou a obturação com menor percentual de falhas no terço apical.

Nos canais mesiais de molares inferiores, os instrumentos Reciproc R25 em cinemática recíprocante e o sistema ProDesign Duo híbrido, em cinemática rotatória/recíprocante mostraram ser adequados para o preparo. No entanto, o sistema ProDesign Duo Híbrido promoveu maior aumento de volume no terço médio radicular, o que também pode ser explicado pela conicidade constante do instrumento (0.08), enquanto que o R25 apresenta conicidade reduzida a partir do terceiro milímetro. Após o preparo, maior transporte do canal e menor centralização puderam ser observadas com o uso de R25.

Maior aumento de volume dos canais durante o preparo pode eliminar micro-organismos em dentina infectada (Ferrer-Luque et al.¹⁵, 2014; Machado et al.³¹, 2013). No entanto, grande remoção de dentina pode fragilizar a estrutura radicular (Cicek et al.¹⁰, 2015; Sathorn et al.⁴⁹, 2005). A flexibilidade dos instrumentos com diferentes tratamentos nas ligas de NiTi podem influenciar na manutenção da trajetória original do canal após o preparo e minimizar acidentes como perfurações e transporte apical (Almeida et al.³, 2015; Amaral et al.⁵, 2016; Gergi et al.¹⁸, 2014; Limoeiro et al.²⁹, 2016). Embora o instrumento ProDesign S 25/.08 tenha proporcionado preparo amplo e mais centralizado nos canais mesiais de molares inferiores, a fragilidade dentinária no terço médio poderá ser melhor avaliada em um estudo futuro, afim de balancear os riscos e benefícios quando ambos os sistemas avaliados são utilizados durante o preparo.

Além das características do preparo, outro fator importante para o bom selamento com a obturação dos canais radiculares são os cimentos endodônticos utilizados (Araujo et al.⁶, 2016; Celikten et al.⁹, 2016) e a técnica de obturação (Keles et al.²⁴, 2014; Li et al.²⁸, 2014; Moeller et al.³⁵, 2013; Viapiana et al.⁶¹, 2016; Wolf et al.⁶³, 2014).

AH Plus é o cimento “padrão ouro” das pesquisas endodônticas, servindo como referência para os demais. Poucos estudos estão disponíveis na literatura empregando novos cimentos a base de silicato de cálcio como o Neo MTA Plus e Total Fill BC Sealer. Ambos os cimentos apresentam radiopacificadores alternativos ao óxido de bismuto, como óxido de tântalo e óxido de zircônio, respectivamente, os quais reduzem a possibilidade de escurecimento dental após tratamento endodôntico (Camilleri⁸, 2015) e mostraram capacidade de penetração em túbulos dentinários (McMichael et al.³⁴, 2016).

Em canais achatados de incisivos inferiores, o uso do cimento Neo MTA Plus durante a condensação lateral promoveu maior percentual de volume de falhas nos terços

médio e apical (após preparo com Mtwo) e no terço apical (após preparo com R40), quando comparado ao AH Plus. Além das características do preparo já mencionadas, as propriedades do cimento podem influenciar no selamento. Maior achatamento pode ser observado nos terços apical e médio dos incisivos (Wu et al.⁶⁴, 2000) o que requer um bom escoamento do cimento durante a técnica de obturação para o completo preenchimento destas regiões. A literatura não mostra a comparação do escoamento entre AH Plus e Neo MTA Plus, porém, durante o manuseio dos cimentos, pôde ser observada menor fluidez e tempo de trabalho do Neo MTA Plus, podendo justificar o menor selamento das áreas de reentrâncias presentes na complexa anatomia presente nas amostras selecionadas.

Diante das condições observadas após instrumentação e obturação e pensando no sucesso do tratamento e na sobrevivência dos incisivos centrais com canais achatados, talvez a melhor opção fosse o preparo com instrumento R40 e obturação com AH Plus, embora o percentual de volume de falhas na obturação no terço apical tenha sido maior do que quando os canais foram preparados com instrumento rotatório Mtwo.

Quando houve a comparação entre os cimentos AH Plus e Total Fill BC Sealer durante a condensação lateral em canais mesiais de molares inferiores, não foram observadas diferenças significativas entre os cimentos. A fluidez e escoamento semelhante entre ambos (Zhou et al.⁶⁸, 2013) podem justificar o preenchimento similar na extensão total do canal, incluindo as áreas de istmos. Embora a capacidade de preenchimento ser semelhante, estudos quanto as propriedades físico-químicas e biológicas do novo cimento a base de silicato de cálcio poderão dar mais informações para a escolha do material durante a obturação dos canais mesiais de molares inferiores.

A técnica de obturação também influencia na qualidade do selamento (Araujo et al.⁶, 2016; Keles et al.²⁴, 2014; Kierklo et al.²⁶, 2015; Moeller et al.³⁵, 2013; Schafer et al.⁵⁰, 2013; Schafer et al.⁵¹, 2012; Schafer et al.⁵², 2016). A análise do percentual de volume de falhas na obturação dos canais mesiais de molares inferiores mostrou semelhança entre a condensação lateral e técnica de cone único. Entretanto, no terço cervical, maior percentual de falhas pôde ser observado na técnica de cone único. Uma provável justificativa seria maior amplitude do canal neste nível em relação ao diâmetro do cone único e menor força sobre o cimento contra as paredes dentinárias e área de istmos. Outro fator importante a ser considerado é a maior força de adesão entre o material

obturador e paredes dentinárias observada após condensação lateral ativa (Pereira et al.⁴¹, 2017; Rached-Junior et al.⁴⁴, 2016).

8 CONCLUSÃO

De acordo com os diferentes estudos realizados, foi possível concluir que:

Em canais achatados de incisivos inferiores, o instrumento Reciproc R40 permitiu um preparo mais rápido, com menor redução da espessura dentinária no terço coronário e menor aumento de volume que Mtwo. Instrumento único Mtwo em cinemática reciprocante proporcionou maior percentual de áreas não instrumentadas e debris remanescente.

Durante a obturação dos canais achatados, maior percentual de falhas na obturação foi observado no terço apical e médio radiculares. O preparo dos canais com Mtwo 40.06 favoreceu o menor percentual de falhas no terço apical. AH Plus mostrou maior capacidade de selamento que Neo MTA Plus nos terços médio e apical nos canais preparados com Mtwo 40.06 e no terço apical após preparo com Reciproc R40.

Em canais mesiais de molares inferiores com curvatura moderada, Reciproc e o instrumento rotatório/reciprocante de Níquel-Titânio CM (ProDesign S) promoveram preparo, percentual de superfície não instrumentada e debris remanescente similares. Maior transporte apical e menor centralização foram observados após preparo com Reciproc.

Durante a obturação de canais mesiais com curvatura moderada usando a técnica de cone único e condensação lateral, o percentual de falhas foi semelhante na extensão total, terços médio e apical radiculares, com maior percentual de volume de falhas e maior percentual de área de cimento no terço cervical com a técnica de cone único

Quando a técnica de condensação lateral ativa foi usada para a obturação de canais mesiais de molares inferiores, o percentual de falhas, área de cimento e guta percha foi semelhante usando os cimentos Total Fill BC Sealer ou AH Plus.

REFERÊNCIAS *

1. Ahn SY, Kim HC, Kim E. Kinematic effects of nickel-titanium instruments with reciprocating or continuous rotation motion: a systematic review of in vitro studies. *J Endod.* 2016; 42(7): 1009-17.
2. Al-Hadlaq SM, Aljarbou FA, AlThumairy RI. Evaluation of cyclic flexural fatigue of M-wire nickel-titanium rotary instruments. *J Endod.* 2010; 36(2): 305-7.
3. Almeida BC, Ormiga F, de Araujo MC, Lopes RT, Barbosa Lima IC, Dos Santos BC et al. Influence of heat treatment of nickel-titanium rotary endodontic instruments on apical preparation: a micro-computed tomographic study. *J Endod.* 2015; 41(12): 2031-5.
4. Alshehri M, Alamri HM, Alshwaimi E, Kujan O. Micro-computed tomographic assessment of quality of obturation in the apical third with continuous wave vertical compaction and single match taper sized cone obturation techniques. *Scanning.* 2016; 38(4): 352-6.
5. Amaral ROJF, Leonardi DP, Gabardo MC, Coelho BS, Oliveira KV, Baratto Filho F. Influence of cervical and apical enlargement associated with the Waveone system on the transportation and centralization of endodontic preparations. *J Endod.* 2016; 42(4): 626-31.
6. Araujo VL, Souza-Gabriel AE, Cruz Filho AM, Pecora JD, Silva RG. Volume of sealer in the apical region of teeth filled by different techniques: a micro-CT analysis. *Braz Oral Res.* 2016 Mar 28; 30 [Epub ahead of print].
7. Burklein S, Hinschitzka K, Dammaschke T, Schafer E. Shaping ability and cleaning effectiveness of two single-file systems in severely curved root canals of extracted teeth: Reciproc and WaveOne versus Mtwo and ProTaper. *Int Endod J.* 2012; 45(5): 449-61.
8. Camilleri J. Staining potential of Neo MTA Plus, MTA Plus, and Biodentine used for pulpotomy procedures. *J Endod.* 2015; 41(7): 1139-45.
9. Celikten B, Uzuntas CF, Orhan AI, Orhan K, Tufenkci P, Kursun S et al. Evaluation of root canal sealer filling quality using a single-cone technique in oval shaped canals: An In vitro Micro-CT study. *Scanning.* 2016; 38(2): 133-40.
10. Cicek E, Aslan MA, Akkocan O. Comparison of the resistance of teeth instrumented with different nickel-titanium systems to vertical root fracture: an in vitro study. *J Endod.* 2015; 41(10): 1682-5.

*De acordo com o Guia de Trabalhos Acadêmicos da FOAr, adaptado das Normas Vancouver. Disponível no site da Biblioteca: <http://www.foar.unesp.br/Home/Biblioteca/guia-de-normalizacao-atualizado.pdf>

11. Coelho BS, Amaral ROJF, Leonardi DP, Marques-da-Silva B, Silva-Sousa YTC, Carvalho FMA et al. Performance of three single instrument systems in the preparation of long oval canals. *Braz Dent J.* 2016; 27(2): 217-22.
12. De-Deus G, Belladonna FG, Silva EJNL, Marins JR, Souza EM, Perez R et al. Micro-CT evaluation of non-instrumented canal areas with different enlargements performed by NiTi systems. *Braz Dent J.* 2015; 26(6): 624-9.
13. De-Deus G, Marins J, Neves Ade A, Reis C, Fidel S, Versiani MA et al. Assessing accumulated hard-tissue debris using micro-computed tomography and free software for image processing and analysis. *J Endod.* 2014; 40(2): 271-6.
14. De-Deus G, Marins J, Silva EJNL, Souza E, Belladonna FG, Reis C et al. Accumulated hard tissue debris produced during reciprocating and rotary nickel-titanium canal preparation. *J Endod.* 2015; 41(5): 676-81.
15. Ferrer-Luque CM, Bejarano I, Ruiz-Linares M, Baca P. Reduction in *Enterococcus faecalis* counts - a comparison between rotary and reciprocating systems. *Int Endod J.* 2014; 47(4): 380-6.
16. Freire LG, Iglecias EF, Cunha RS, Dos Santos M, Gavini G. Micro-computed tomographic evaluation of hard tissue debris removal after different irrigation methods and its influence on the filling of curved canals. *J Endod.* 2015; 41(10): 1660-6.
17. Gavini G, Caldeira CL, Akisue E, Candeiro GTM, Kawakami DAS. Resistance to flexural fatigue of Reciproc R25 files under continuous rotation and reciprocating movement. *J Endod.* 2012; 38(5): 684-7.
18. Gergi R, Arbab-Chirani R, Osta N, Naaman A. Micro-computed tomographic evaluation of canal transportation instrumented by different kinematics rotary nickel-titanium instruments. *J Endod.* 2014; 40(8): 1223-7.
19. Guinesi AS, Faria G, Tanomaru-Filho M, Bonetti-Filho I. Influence of sealer placement technique on the quality of root canal filling by lateral compaction or single cone. *Braz Dent J.* 2014; 25(2): 117-22.
20. Ho ESS, Chang JWW, Cheung GSP. Quality of root canal fillings using three gutta-percha obturation techniques. *Restor Dent Endod.* 2016; 41(1): 22-8.
21. Hwang YH, Bae KS, Baek SH, Kum KY, Lee W, Shon WJ et al. Shaping ability of the conventional nickel-titanium and reciprocating nickel-titanium file systems: a comparative study using micro-computed tomography. *J Endod.* 2014; 40(8): 1186-9.

22. Kandemir Demirci G, Caliskan MK. A prospective randomized comparative study of cold lateral condensation versus core/gutta-percha in teeth with periapical lesions. *J Endod.* 2016; 42(2): 206-10.
23. Katge F, Patil D, Poojari M, Pimpale J, Shitoot A, Rusawat B. Comparison of instrumentation time and cleaning efficacy of manual instrumentation, rotary systems and reciprocating systems in primary teeth: an in vitro study. *J Indian Soc Pedod Prev Dent.* 2014; 32(4): 311-6.
24. Keles A, Alcin H, Kamalak A, Versiani MA. Micro-CT evaluation of root filling quality in oval-shaped canals. *Int Endod J.* 2014; 47(12): 1177–84.
25. Kiefner P, Ban M, De-Deus G. Is the reciprocating movement per se able to improve the cyclic fatigue resistance of instruments? *Int Endod J.* 2014; 47(5): 430-6.
26. Kierklo A, Tabor Z, Pawinska M, Jaworska M. A microcomputed tomography-based comparison of root canal filling quality following different instrumentation and obturation techniques. *Med Princ Pract.* 2015; 24(1): 84-91.
27. Leonardo MV, Goto EH, Torres CRG, Borges AB, Carvalho CAT, Barcellos DC. Assessment of the apical seal of root canals using different filling techniques. *J Oral Sci.* 2009; 51(4): 593-9.
28. Li GH, Niu LN, Selem LC, Eid AA, Bergeron BE, Chen JH et al. Quality of obturation achieved by an endodontic core-carrier system with crosslinked gutta-percha carrier in single-rooted canals. *J Dent.* 2014; 42(9): 1124-34.
29. Limoeiro AGS, Dos Santos AHB, Martin AS, Kato AS, Fontana CE, Gavini G et al. Micro-computed tomographic evaluation of 2 nickel-titanium instrument systems in shaping root canals. *J Endod.* 2016; 42(3): 496-9.
30. Liu R, Hou BX, Wesselink PR, Wu MK, Shemesh H. The incidence of root microcracks caused by 3 different single-file systems versus the ProTaper system. *J Endod.* 2013; 39(8): 1054-6.
31. Machado MEL, Nabeshima CK, Leonardo MFP, Reis FAS, Britto MLE, Cai S. Influence of reciprocating single-file and rotary instrumentation on bacterial reduction on infected root canals. *Int Endod J.* 2013; 46(11): 1083-7.
32. Marceliano-Alves MFV, Sousa-Neto MD, Fidel SR, Steier L, Robinson JP, Pecora JD et al. Shaping ability of single-file reciprocating and heat-treated multife rotary systems: a micro-CT study. *Int Endod J.* 2015; 48(12): 1129-36.
33. McComb D, Smith DC. A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures. *J Endod.* 1975; 1(7): 238-42.

34. McMichael GE, Primus CM, Opperman LA. Dentinal tubule penetration of tricalcium silicate sealers. *J Endod.* 2016; 42(4): 632-6.
35. Moeller L, Wenzel A, Wegge-Larsen AM, Ding M, Kirkevang LL. Quality of root fillings performed with two root filling techniques. An in vitro study using micro-CT. *Acta Odontol Scand.* 2013; 71(3-4): 689-96.
36. Moura-Netto C, Palo RM, Pinto LF, Mello-Moura AC, Daltoe G, Wilhelmsen NS. CT study of the performance of reciprocating and oscillatory motions in flattened root canal areas. *Braz Oral Res.* 2015; 29(1):1-6.
37. Naseri M, Kangarlou A, Khavid A, Goodini M. Evaluation of the quality of four root canal obturation techniques using micro-computed tomography. *Iran Endod J.* 2013; 8(3): 89-93.
38. Paque F, Laib A, Gautschi H, Zehnder M. Hard-tissue debris accumulation analysis by high-resolution computed tomography scans. *J Endod.* 2009; 35(7): 1044-7.
39. Paque F, Zehnder M, De-Deus G. Microtomography-based comparison of reciprocating single-file F2 ProTaper technique versus rotary full sequence. *J Endod.* 2011; 37(10): 1394-7.
40. Pedulla E, Plotino G, Grande NM, Avarotti G, Gambarini G, Rapisarda E et al. Shaping ability of two nickel-titanium instruments activated by continuous rotation or adaptive motion: a micro-computed tomography study. *Clin Oral Investig.* 2016; 20(8): 2227-33.
41. Pereira RD, Brito-Junior M, Leoni GB, de Sousa-Neto MD. Evaluation of bond strength in single-cone fillings of canals with different cross-sections. *Int Endod J.* 2017; 50(2): 177-83.
42. Perez-Higueras JJ, Arias A, de la Macorra JC. Cyclic fatigue resistance of K3, K3XF, and twisted file nickel-titanium files under continuous rotation or reciprocating motion. *J Endod.* 2013; 39(12): 1585-8.
43. Plotino G, Grande NM, Melo MC, Bahia MG, Testarelli L, Gambarini G. Cyclic fatigue of NiTi rotary instruments in a simulated apical abrupt curvature. *Int Endod J.* 2010; 43(3): 226-30.
44. Rached-Junior FJA, Souza AM, Macedo LMD, Raucci-Neto W, Baratto-Filho F, Silva BM et al. Effect of root canal filling techniques on the bond strength of epoxy resin-based sealers. *Braz Oral Res.* 2016 Feb 23; 30 [Epub ahead of print].

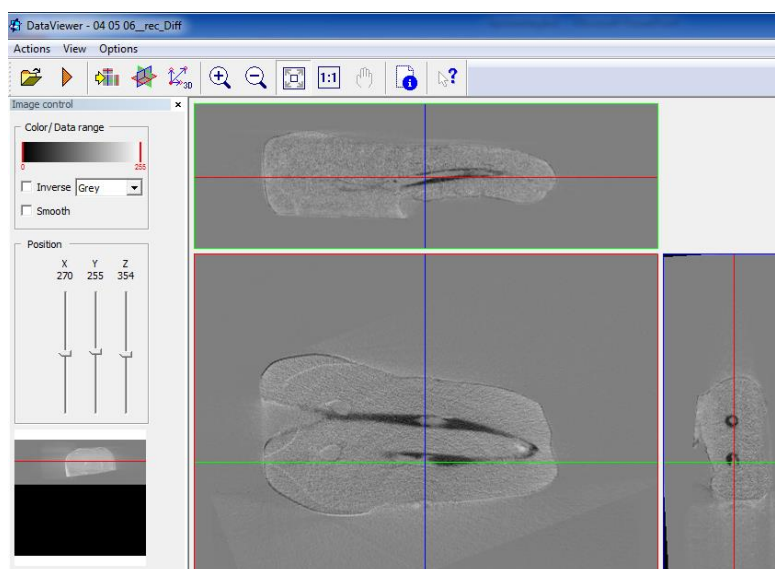
45. Ramazani N, Mohammadi A, Amirabadi F, Ramazani M, Ehsani F. In vitro investigation of the cleaning efficacy, shaping ability, preparation time and file deformation of continuous rotary, reciprocating rotary and manual instrumentations in primary molars. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects*. 2016; 10(1): 49-56.
46. Rechenberg DK, Paque F. Impact of cross-sectional root canal shape on filled canal volume and remaining root filling material after retreatment. *Int Endod J*. 2013; 46(6): 547-55.
47. Robinson JP, Lumley PJ, Cooper PR, Grover LM, Walmsley AD. Reciprocating root canal technique induces greater debris accumulation than a continuous rotary technique as assessed by 3-dimensional micro-computed tomography. *J Endod*. 2013; 39(8): 1067-70.
48. Samadi F, Jaiswal J, Saha S, Garg N, Chowdhary S, Samadi F et al. A comparative evaluation of efficacy of different obturation techniques used in root canal treatment of anterior teeth: An in vitro study. *Int J Clin Pediatr Dent*. 2014; 7(1): 1-5.
49. Sathorn C, Palamara JEA, Palamara D, Messer HH. Effect of root canal size and external root surface morphology on fracture susceptibility and pattern: a finite element analysis. *J Endod*. 2005; 31(4): 288-92.
50. Schafer E, Koster M, Burklein S. Percentage of gutta-percha-filled areas in canals instrumented with nickel-titanium systems and obturated with matching single cones. *J Endod*. 2013; 39(7): 924-8.
51. Schafer E, Nelius B, Burklein S. A comparative evaluation of gutta-percha filled areas in curved root canals obturated with different techniques. *Clin Oral Investig*. 2012; 16(1): 225-30.
52. Schafer E, Schrenker C, Zupanc J, Burklein S. Percentage of gutta-percha filled areas in canals obturated with cross-linked gutta-percha core-carrier systems, single-cone and lateral compaction technique. *J Endod*. 2016; 42(2): 294-8.
53. Schilder H. Filling root canals in three dimensions. 1967. *J Endod*. 2006; 32(4): 281-90.
54. Silva EJ, Rosa TP, Herrera DR, Jacinto RC, Gomes BP, Zaia AA. Evaluation of cytotoxicity and physicochemical properties of calcium silicate-based endodontic sealer MTA Fillapex. *J Endod*. 2013; 39(2): 274-7.
55. Sjogren U, Hagglund B, Sundqvist G, Wing K. Factors affecting the long-term results of endodontic treatment. *J Endod*. 1990; 16(10): 498-504.

56. Timpawat S, Amornchat C, Trisuwan WR. Bacterial coronal leakage after obturation with three root canal sealers. *J Endod.* 2001; 27(1): 36-9.
57. Vallaes K, Chevalier V, Arbab-Chirani R. Comparative analysis of canal transportation and centring ability of three Ni-Ti rotary endodontic systems: Protaper((R)), MTwo((R)) and Revo-S, assessed by micro-computed tomography. *Odontology.* 2016; 104(1): 83-8.
58. Varela-Patino P, Ibanez-Parraga A, Rivas-Mundina B, Cantatore G, Otero XL, Martin-Biedma B. Alternating versus continuous rotation: a comparative study of the effect on instrument life. *J Endod.* 2010; 36(1): 157-9.
59. Versiani MA, Leoni GB, Steier L, De-Deus G, Tassani S, Pecora JD et al. Micro-computed tomography study of oval-shaped canals prepared with the self-adjusting file, Reciproc, WaveOne, and ProTaper universal systems. *J Endod.* 2013; 39(8): 1060-6.
60. Viapiana R, Flumignan DL, Guerreiro-Tanomaru JM, Camilleri J, Tanomaru-Filho M. Physicochemical and mechanical properties of zirconium oxide and niobium oxide modified Portland cement-based experimental endodontic sealers. *Int Endod J.* 2014; 47(5): 437-48.
61. Viapiana R, Moizadeh AT, Camilleri L, Wesselink PR, Tanomaru Filho M, Camilleri J. Porosity and sealing ability of root fillings with gutta-percha and BioRoot RCS or AH Plus sealers. Evaluation by three ex vivo methods. *Int Endod J.* 2016; 49(8): 774-82.
62. Violich DR, Chandler NP. The smear layer in endodontics - a review. *Int Endod J.* 2010; 43(1): 2-15.
63. Wolf M, Kupper K, Reimann S, Bourauel C, Frentzen M. 3D analyses of interface voids in root canals filled with different sealer materials in combination with warm gutta-percha technique. *Clin Oral Investig.* 2014; 18(1): 155-61.
64. Wu MK, R'Oris A, Barkis D, Wesselink PR. Prevalence and extent of long oval canals in the apical third. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2000; 89(6): 739-43.
65. Yared G. Canal preparation using only one Ni-Ti rotary instrument: preliminary observations. *Int Endod J.* 2008; 41(4): 339-44.
66. 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; 38(1): 105-7.

67. Zhao D, Shen Y, Peng B, Haapasalo M. Root canal preparation of mandibular molars with 3 nickel-titanium rotary instruments: a micro-computed tomographic study. *J Endod.* 2014; 40(11): 1860-4.
68. Zhou HM, Shen Y, Zheng W, Li L, Zheng YF, Haapasalo M. Physical properties of 5 root canal sealers. *J Endod.* 2013; 39(10): 1281-6.

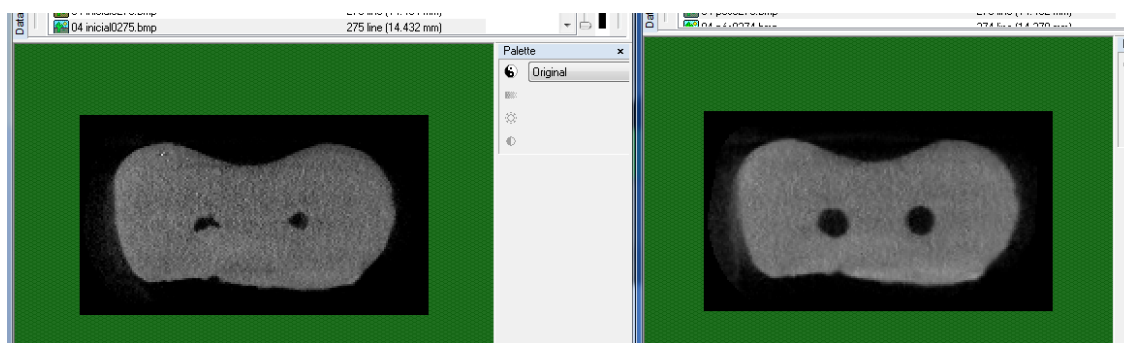
APÊNDICE A

Figura A1 - Imagem dos molares no pré (inicialmente) e pós operatório (pós preparo) alinhadas geometricamente no programa DataViewer. O mesmo processo foi realizado nas imagem pós preparo e pós obturação.



Fonte: arquivo pessoal do autor

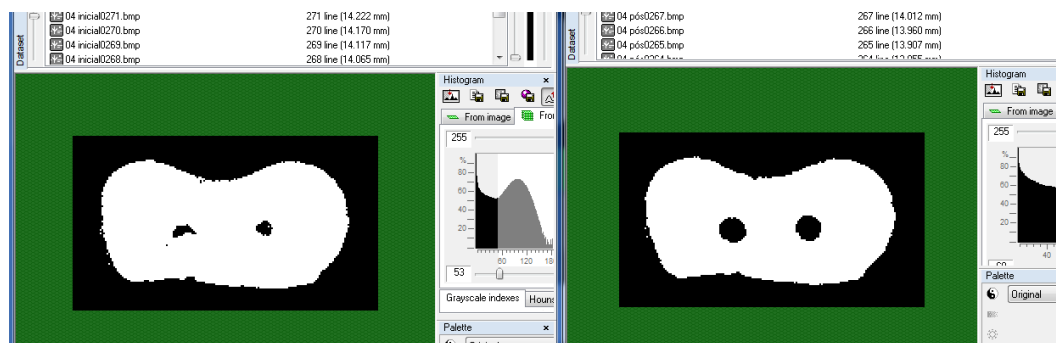
Figura A 2 - Secção transversal do VOI dos molares no pré (inicialmente) e pós operatório (pós preparo) abertos no programa CTAn. O mesmo processo foi realizado nas imagem pós preparo e pós obturação.



Fonte: arquivo pessoal do autor

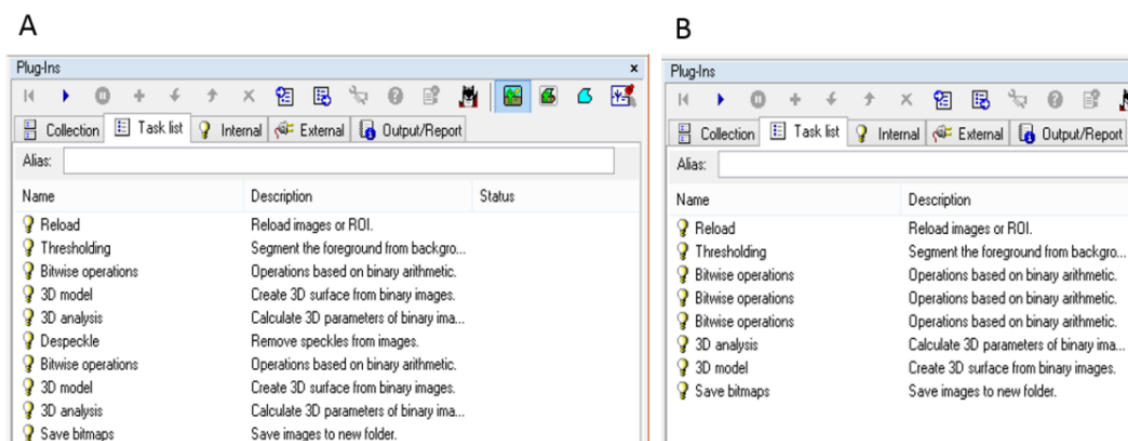
APÊNDICE B

Figura B 1 - Binarização das imagens dos molares no pré (inicialmente) e pós operatório (pós preparo) abertos no programa CTAn. O mesmo processo foi realizado nas imagem pós preparo e pós obturação.



Fonte: arquivo pessoal do autor

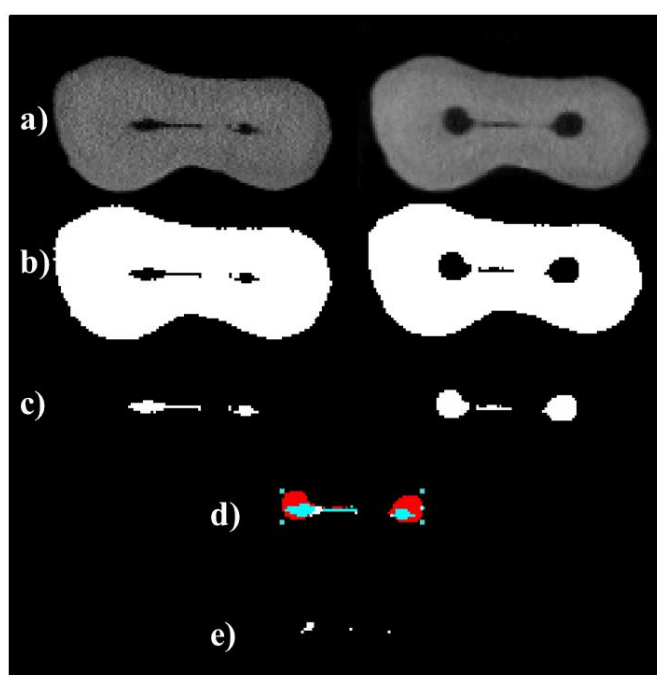
Figura B 2 - A) Lista de tarefas utilizadas para a segmentação da dentina e canal ou obturação para a obtenção dos dados volumétricos. B) Lista de tarefas utilizadas para a análise da presença de debris e superfície não tocada.



Fonte: arquivo pessoal do autor

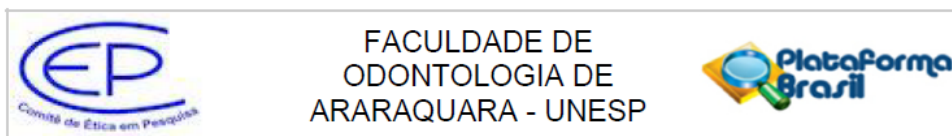
APÊNDICE C

Figura C 1 - a) VOI inicial e pós preparo; b) Binarização do canal inicial e pós preparo, com presença de material radiopaco na região de istmo após o preparo, o qual não estava presente no canal inicial; c) Segmentação do canal inicial e preparado; d) Intersecção dos segmentos inicial (azul), pós preparo (vermelho) e debris dentinários (branco); e) Segmento dos debris dentinários.



Fonte: arquivo pessoal do autor

ANEXO A



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Efeito do preparo rotatório e reciprocante no canal e dentina radicular e na qualidade da obturação

Pesquisador: Juliane Maria Guerreiro Tanomaru

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 49889215.9.0000.5416

Instituição Proponente: Faculdade de Odontologia de Araraquara - UNESP

Patrocinador Principal: Faculdade de Odontologia de Araraquara - UNESP
CONS NAC DE DESENVOLVIMENTO CIENTIFICO E TECNOLÓGICO

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.330.389

Apresentação do Projeto:

O projeto está bem escrito e bem delineado. Serão usados 145 dentes humanos obtidos do Banco de Dentes da Faculdade de Odontologia de Araraquara. Todos os documentos solicitados foram apresentados. As sugestões foram acatadas.

Objetivo da Pesquisa:

Este estudo propõe avaliar o efeito do preparo biomecânico com instrumento rotatório ou reciprocante na qualidade do preparo, obturação e possíveis micro-trincas dentinárias formadas durante os procedimentos. Ainda, a qualidade da obturação antes e após infiltração bacteriana por *E. faecalis*.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

A pesquisadora relata que os pesquisadores serão submetidos a radiação uma vez que, durante a seleção dos dentes, será necessário realizar tomadas radiográficas para padronizar os espécimes. Para minimizar os riscos, a pesquisadora relata que será utilizado um sistema radiográfico digital (menor tempo

Endereço: HUMAITA 1680

Bairro: CENTRO

UF: SP

Município: ARARAQUARA

Telefone: (16)3301-6459

CEP: 14.801-903

E-mail: cep@foar.unesp.br

Não autorizo a publicação deste trabalho pelo prazo de 2 anos.

(Direitos de publicação reservado ao autor)

Araraquara, 13 de março de 2017

Camila Almeida Nascimento Mendes