



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

**FACULDADE DE ODONTOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM ODONTOLOGIA**

Rafael dos Reis Moraes

**INSTRUMENTAÇÃO MECANIZADA NO TRATAMENTO ENDODÔNTICO DE  
INCISIVOS CENTRAIS SUPERIORES DECÍDUOS: ESTUDO EM MICRO-CT  
UTILIZANDO PROTÓTIPOS**

**Rio de Janeiro**  
**2020**



**FACULDADE DE ODONTOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM ODONTOLOGIA**

**RAFAEL DOS REIS MORAES**

**INSTRUMENTAÇÃO MECANIZADA NO TRATAMENTO ENDODÔNTICO DE  
INCISIVOS CENTRAIS SUPERIORES DECÍDUOS: ESTUDO EM MICRO-CT  
UTILIZANDO PROTÓTIPOS**

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-graduação em Odontologia (Área de concentração: Odontopediatria) da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Odontologia (Área de Concentração: Odontopediatria).

**Orientadora:** Profa. Dra. Aline de Almeida Neves

Prof. Adjunta da Disciplina de Odontopediatria da FO-UFRJ.

**Coorientadora:** Profa. Laura Guimarães Primo

Prof. Associada da Disciplina de Odontopediatria da FO-UFRJ.

**Rio de Janeiro**  
**2020**

## CIP - Catalogação na Publicação

M375i Moraes, Rafael dos Reis  
Instrumentação mecanizada no tratamento  
endodôntico de incisivos centrais superiores  
decíduos: estudo em micro-ct utilizando protótipos /  
Rafael dos Reis Moraes. -- Rio de Janeiro, 2020.  
59 f.

Orientadora: Aline de Almeida Neves.  
Coorientadora: Laura Guimarães Primo.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do  
Rio de Janeiro, Faculdade de Odontologia, Programa  
de Pós-Graduação em Odontologia, 2020.

1. endodontia. 2. dentes decíduos. 3.  
instrumentação rotatória. 4. microtomografia  
computadorizada. I. Neves, Aline de Almeida,  
orient. II. Primo, Laura Guimarães, coorient. III.  
Título.



## FOLHA DE APROVAÇÃO

MORAES, RAFAEL DOS REIS

**“INSTRUMENTAÇÃO MECANIZADA NO TRATAMENTO ENDODÔNTICO EM  
INCISIVOS CENTRAIS SUPERIORES DECÍDUOS: ESTUDO  
EM MICRO-CT UTILIZANDO PROTÓTIPOS”**

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Faculdade de Odontologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro-UFRJ, com parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Odontologia (Odontopediatria).

Rio de Janeiro, 14 de fevereiro de 2020.

Profa. Dra. Glória Fernanda Barbosa de Araújo Castro

DO-Prof. Associado do Departamento de Odontopediatria e Ortodontia da FO. UFRJ

Profa. Dra. Maria Augusta Visconti Rocha Pinto

DO-Prof. Adjunto do Departamento de Patologia e Diagnóstico Oral da FO. UFRJ

Profa. Dra. Maristela Barbosa Portela

DO-Prof. Adjunto da FO.UFF

## DEDICATÓRIA

À minha mãe, Nazaré

Agradeço pelo amor e dedicação integral na criação de seus filhos e por ser o pilar da minha formação como ser humano. Espero retribuir todo esforço e sacrifício que foi feito para que eu chegasse onde estou. Esta dissertação é a prova de que todo seu investimento e luta valeram a pena.

Aos presidentes Lula e Dilma Rousseff

Por ousarem mudar a história de milhões de brasileiros, criando programas de incentivo à educação e diminuição da desigualdade social no Brasil. Este trabalho é fruto direto desses programas, que me permitiram manter e concluir uma graduação que historicamente é branca e elitista. Vocês têm a minha eterna gratidão.

## AGRADECIMENTOS

Ao **Richardson**, pelo companheirismo, amizade, afeto e carinho que teve por mim durante todo o período do mestrado. Por compartilhar comigo os momentos felizes na Lapa ou os momentos tristes de desgaste emocional. O seu apoio foi fundamental para que o percurso até o título de mestre fosse mais agradável e colorido.

À **Gabi**, pelo seu jeito cativante e sincero que me acompanha desde 2017. Sua amizade foi e é uma das coisas mais lindas que o Fundão pode ter me trazido. Obrigado por todos os conselhos, puxões de orelhas e caronas, mesmo que atrasadas. Te levarei pra sempre comigo, juntinho no meu coração.

À **Camila**, por ser a melhor dupla que tive durante a minha trajetória na Odontologia. Sempre impecável e responsável, tornou a clínica de trauma menos traumatizante. Nos tornamos amigos e sou grato por poder compartilhar esse momento junto a você.

À **Karla**, por ser a melhor companheira de copo que eu poderia ter. Por me ensinar o verbo “raparigar” e fazer dele uma palavra única e que nos representa tanto. Espero passar muitos carnavais com você à base de Corote, mas também sei que festejaremos muito o seu sucesso pessoal e profissional.

À **Fernanda**, por ser uma das amigas que mais admiro, por saber equilibrar, mesmo que aos trancos e barrancos, uma vida séria e responsável com uma vida doida e alegre. Seu jeitin mineiro me cativou de uma maneira que não consigo mais imaginar como vai ser ficar longe desse sotaque. Espero que a distância seja sempre temporária e que nossas vidas se cruzem muitas vezes ainda.

À **Larissa**, uma menina doida com o coração enorme. Sempre disposta à ajudar, vem desde a especialização trazendo um sorriso grande e contagiante à todos que a cercam. Espero poder compartilhar mais momentos felizes com você.

À **Prof Gloria Castro**, por ser a mestre que me inspira como profissional e pessoa. Por me dar a honra de poder chamar de amiga e saber que nela tenho um porto seguro. Foram tantos momentos felizes, sérios, de aprendizado e conselhos que é impossível não sentir a conexão que sentimos um pelo outro. Sei que essa conexão vai perdurar por muito tempo, e como não sou modesto, acho que será difícil algum

aluno bater o seu aluno preferido.

À **Prof Aline Neves**, pela oportunidade de ser orientado por uma pessoa tão genial e humilde. Todo o apoio desde a especialização só mostra o carinho que tem por seus alunos e o comprometimento com o seu trabalho. Me sinto realizado pela conclusão desse trabalho, e você é a peça principal pela a realização do mesmo. Serei eternamente grato por tudo.

À **Renata Perez**, pelo suporte e paciência na realização deste trabalho. Sem a sua ajuda o andamento da pesquisa não seria tão rápido e bem feito da maneira que foi.

A todos **professores da UFRJ**, por todo o ensinamento ao longo do curso de mestrado. Todos os ensinamentos e incansável entrega dos professores para fazer um curso de excelência me tornaram um Odontopediatra melhor. Aprender e conviver com grandes nomes da Odontopediatria nacional e mundial é um privilégio, e espero ainda poder compartilhar desse aprendizado.

Aos funcionários do Departamento de Odontopediatria da UFRJ, **Andréa, Mere, Kátia e Rose** pelo amparo e dedicação durante o atendimento às crianças. Um agradecimento especial à **Bebel**, por ser um ser fora da curva do Departamento, e mostrar com o seu jeito louco e revolucionário que no mundo há pessoas dispostas a mudá-lo.

À **Lorem, Luana e Olívia**, pelo apoio e conversas. Por serem minhas amigas e referências desde que nasci.

Aos meus sobrinhos **Miguel, Maitê, Cecília e Cauê**, e afilhada **Bettina**, por alegrarem meus dias e enchê-los de aprendizado. Parte do meu amor pela Odontopediatria se deve ao convívio com vocês e ao observá-los percebo que o mundo tem esperança.

À **Marcella, Dayane, Bia, Carol e Letícia**, pela amizade desde a graduação e pela torcida durante o curso de mestrado.

À **Amanda Bermudes**, por ser a amiga que está sempre ao meu lado, rindo, falando mal dos outros, bebendo, dançando e me fazendo pagar mico. Que nossa amizade dure por muitos anos.

À **Aline Saddock e Alessandra Machado**, pelo suporte nos escaneamentos dos protótipos desta pesquisa. Por sempre estarem dispostas e disponíveis para repetir quando algum escaneamento não dava certo.

À **Amanda Monteiro**, por sempre iluminar o ambiente quando está presente e por ser minha companheira em Campinas, não apenas no congresso (risos). Que nossa amizade seja sempre forte como Corote e que Andrézinho cresça logo pra sair com a gente pro carnaval.

Ao **Lucas Jural**, pela ajuda na clínica de trauma. Ter se tornado seu amigo no final do mestrado me mostrou como há pessoas de bom coração no mundo. Que você continue sua caminhada rumo à liderança acadêmica na Odontologia.

À **Amanda Aragão, Fernanda Canto, Gabrielle, Mariana Leonel e Kriss**, por serem o melhor M2 que minha turma poderia ter. Por serem tão receptivas e fazerem a turma de mestrado 2018 ser a melhor turma que o Departamento de Odontopediatria da UFRJ já teve.

À **Luana Kort Kamp, Bia Arrepia, Gabi Fontes, Mari Farias, Michelle Jenné, Mari Sancas e Tainá**, pelo companheirismo no último ano, e pelos momentos alegres na sala dos alunos.

Aos **pacientes e seus familiares**, pela confiança depositada para o tratamento de seus filhos nas clínicas, pelas palavras de carinho e afeto que demonstraram ao longo dos últimos dois anos de atendimento.



## RESUMO

**MORAES, Rafael dos Reis. Instrumentação mecanizada no tratamento endodôntico em incisivos centrais superiores decíduos: estudo em micro-ct utilizando protótipos.** Rio de Janeiro, 2020. Dissertação (Mestrado em Odontologia – Área de Concentração: Odontopediatria) – Faculdade de Odontologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020.

Resumo: O objetivo deste trabalho foi avaliar o resultado do preparo biomecânico da instrumentação endodôntica em protótipos de dentes decíduos intactos com sistemas mecanizados através de microtomografia computadorizada. Foram utilizados 50 protótipos de um incisivo central superior decíduo produzido através de impressão 3D. Os sistemas de limas empregados foram o manual (MN), WaveOne Gold (WOG), XP Endo Shaper (XPS), XP Endo Finisher (XPF) e XP Clean (XPC). Cada grupo contou com 10 dentes e foram instrumentados de acordo com as recomendações dos fabricantes. O escaneamento dos protótipos pelo micro-CT foi realizado antes e após a instrumentação e as reconstruções foram padronizadas para cada conjunto de imagens. O teste de Shapiro-Wilk foi utilizado para verificar a normalidade dos dados. O ANOVA seguido do teste de Tukey foi utilizado para comparar as médias de volume final do canal, formação de debris, volume de dentina removida e área não instrumentada das paredes do canal. O teste T de Student foi usado para comparar os volumes inicial e final do canal entre cada grupo de instrumentação. A presença de trincas e/ou perfurações ao longo do canal foi registrada e realizada uma descrição qualitativa da sua presença. Todos os grupos apresentaram uma diferença significativa no volume do canal após a instrumentação. O maior aumento de volume do canal foi com as limas manuais, que teve uma diferença estatística significativa quando comparado com os rotatórios, que não apresentaram diferença entre si. Em relação ao acúmulo de debris e áreas não tocadas não houve diferença estatística entre os grupos. O maior volume de dentina removido foi quando utilizado as limas manuais. Apenas os grupos manual e WOG apresentaram trincas. Perfuração radicular foi observado apenas no grupo manual. Concluímos que o uso de sistemas rotatórios apresentou melhores resultados no preparo biomecânico do canal de incisivos superiores decíduos quando comparado à limas manuais. O sistema XP Clean combinou bons resultados, com pouco acúmulo de debris e maior área tocada pelo instrumento no interior do canal.

**PALAVRAS-CHAVE:** endodontia, dentes decíduos, instrumentação rotatória

## ABSTRACT

**MORAES, Rafael dos Reis. Mechanized instrumentation for endodontic treatment in primary maxillary central incisors: micro-ct study using prototypes.** Rio de Janeiro, 2020. Dissertação (Mestrado em Odontologia – Área de Concentração: Odontopediatria) – Faculdade de Odontologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020.

Abstract: The aim of this study was to evaluate the result of biomechanical preparation of endodontic instrumentation in prototypes of intact primary teeth with mechanized systems using computerized microtomography. 50 prototypes of a primary maxillary central incisor produced using 3D printing were used. The file systems used were hand files, WaveOne Gold (WOG), XP-Endo Shaper (XPS), XP-Endo Finisher (XPF) and XP Clean (XPC). Each group had 10 teeth and were instrumented according to the manufacturers' recommendations. The scanning of the prototypes by micro-CT was performed before and after instrumentation and the reconstructions were standardized for each set of images. The Shapiro-Wilk test was used to verify the normality of the data. ANOVA followed by the Tukey test was used to compare the averages of final canal volume, debris formation, dentin volume removed and untouched area of the canal walls. Student's t-test was used to compare the initial and final volumes of the canal between each instrumentation group. The presence of cracks and / or perforations along the canal was recorded and a qualitative description was made. All groups showed a significant difference in volume of the canal after instrumentation. The greatest increase in volume of the canal was with hand files, which had a statistically significant difference when compared to rotary files, which showed no difference among them. Regarding the accumulation of debris and non-instrumented areas, there was no statistical difference between the groups. The largest volume of dentin removed was when using hand files. Only the hand files and WOG groups showed cracks. Root perforation was observed only in the hand file group. We concluded that the use of rotary systems showed better results in the biomechanical preparation of the canal of primary maxillary incisors when compared to hand files. The XP Clean system combined good results, with little debris accumulation and a larger area played by the instrument inside the canal

**KEYWORDS:** endodontics, primary teeth, rotary instrumentation

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: A) Renderização volumétrica do dente após aquisição e reconstrução em micro-CT. B) Detalhe da reprodução do forame apical do modelo. C) Malha triangular produzida para impressão 3D. D) Modelos impressos em resina fotopolimerizável. 23

Figura 2: A) Vista palatina do protótipo logo após o acesso. B) Vista incisal. C) Vista vestibular. D) Determinação do comprimento do dente utilizando uma lima K#10. E) Lima ultrapassando o forame apical.....24

Figura 3: A) Limas manuais de 2ª série. B) Lima Large WaveOne Gold. C) Lima XP-Endo Shaper D) Lima XP-Endo Finisher. E) Lima XP-Clean .....26

Figura 4: A) Resultado da segmentação da dentina BASE após a etapa de preenchimento automático do canal radicular. B) Segmentação da dentina BASE. C) Resultado da subtração A-B (canal radicular) D) Representação volumétrica do canal radicular hígido obtido após a operação aritmética. ....27

Figura 5: A) Representação volumétrica do canal hígido e seções transversais em diferentes comprimentos do mesmo. B) Representação volumétrica do canal instrumentado e seções transversais em diferentes comprimentos do mesmo. C) Debris acumulados ao longo do canal instrumentado. D) Área da parede interna do canal não tocada pelos instrumentos. E) Volume de dentina removido do canal. F) Amostra apresentando perfuração da parede do canal. G) Amostra apresentando trinca no interior do canal radicular. ....29

**Artigo 1:**

Figure 1: A) Result of segmentation of the BASELINE dentin after the stage of automatic filling of the root canal. B) Segmentation of BASELINE dentin. C) Result of subtraction A-B (root canal) D) Volumetric representation of the sound root canal obtained after the arithmetic operation. ....38

Figure 2: A) Volumetric representation of the sound canal and cross sections in different lengths. B) Volumetric representation of the instrumented canal and cross sections in different lengths. C) Debris accumulated along the instrumented canal. D) Area of the inner wall of the canal that was not touched by the instruments. E) Volume of dentin removed from the canal. F) Sample showing perforation of the canal wall. G) Sample showing crack inside the root canal. ....39

Figure 3: Tridimensional renderings of the evaluated biomechanical outcomes of representative specimens from each instrumentation group. ....43

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Propriedades mecânicas do material utilizado na impressão do protótipo.  
.....22

### Artigo

Table 1: Initial mean root canal volume (mm<sup>3</sup>) among each experimental group. ....41

Table 2: Final root canal volume, accumulated debris after instrumentation, volume of removed dentin and % of non-instrumented areas among the experimental groups.42

Table 3: Presence of cracks and perforation after instrumentation. ....42

## LISTA DE ABREVIATURAS

CT	Comprimento de trabalho
CD	Comprimento do dente
FO	Faculdade de Odontologia
g/cm <sup>3</sup>	Gramas por centímetros cúbicos
HUCFF	Hospital Universitário Clementino Fraga Filho
LIN	Laboratório de Instrumentação Nuclear
MPa	Mega Pascal
μA	Microampere
mm	Micrômetro
MN	Manual
XPS	XP Endo Shaper
XPF	XP Endo Finisher
XPX	XP Clean
WOG	WaveOne Gold
WL	Work length
TL	Tooth length
micro-CT	Microtomografia Computadorizada
ml	Mililitro
mm	Milímetro
Ms	Milisegundos
NiTi	Níquel-Titânio
kV	Quilovolt
rpm	Rotações por minuto
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro

## LISTA DE SÍMBOLOS

%	Por cento
=	Igual
®	Marca Registrada
°	Graus
>	Maior que
<	Menor que
≥	Maior ou igual a
±	Mais ou menos

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	15
2	OBJETIVOS .....	20
2.1	Objetivo Geral .....	20
2.3	Objetivo Específico.....	20
3	DELINEAMENTO DA PESQUISA.....	21
3.1	Desenho do estudo .....	21
3.2	Descrição do espécime .....	21
3.1	Preparação e instrumentação dos espécimes .....	23
3.2	Etapa de instrumentação .....	24
3.3	Análise em micro-CT.....	26
3.4	Análise estatística .....	30
4	DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA .....	31
4.1	Artigo: Micro-CT evaluation of root canal preparation with rotary instrumentation on prototyped primary incisors .....	32
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	52
6	CONCLUSÕES .....	54
	REFERÊNCIAS.....	55



## 1 INTRODUÇÃO

A pulpectomia é um procedimento endodôntico comum, indicado para dentes decíduos cujas polpas radiculares estão irreversivelmente inflamadas ou necróticas devido à lesões de cárie ou trauma (BARCELOS; TANNURE; GLEISER; LUIZ *et al.*, 2012). Embora tenha sido observada uma diminuição mundial no número de lesões de cáries, alguns grupos populacionais continuam a ter uma alta prevalência da doença, resultando além da perda prematura de dentes decíduos, todas consequências negativas relacionadas ao desenvolvimento de lesões profundas com envolvimento pulpar (TANNURE; AZEVEDO; BARCELOS; GLEISER *et al.*, 2011). Além disso, as crianças costumam sofrer traumas dentários, especialmente em idade pré-escolar, e a necrose pulpar é uma das complicações pós-traumática mais comuns (BORN; JACKSON; KOROLUK; DIVARIS, 2019; PUGLIESI; CUNHA; DELBEM; SUNDEFELD, 2004). A pulpectomia consiste na eliminação da infecção e a proteção do dente descontaminado de futuras invasões microbianas. Para isso os canais são limpos e modelados (o chamado preparo químico-mecânico) antes de serem preenchidos com uma pasta obturadora reabsorvível e posteriormente restaurados definitivamente.

Esta técnica, principalmente em dentes decíduos, tem sido tradicionalmente preconizada com limas endodônticas de uso manual, feitas de aço inoxidável (SMAÏL-FAUGERON; COURSON; DURIEUX; MULLER-BOLLA *et al.*, 2014). Embora muito utilizado, o uso de limas manuais de aço inoxidável no preparo do canal radicular custa tempo e pode levar a erros iatrogênicos como degraus, transporte apical, e perfurações (MUSALE; MUJAWAR, 2014). A liga níquel-titânio (NiTi) foi desenvolvida por Buehler *et al.* em 1963 (BUEHLER; GILFRICH; WILEY, 1963) e revolucionou a endodontia de canais curvos de dentes permanentes, pois a utilização destas diminuiu significativamente os erros durante o preparo radicular quando comparadas às manuais (PETTIETTE; METZGER; PHILLIPS; TROPE, 1999). O emprego de limas NiTi em dentes decíduos foi primeiramente descrito no ano 2000 por Barr e colaboradores, que através de um relato de um caso clínico, mostraram a utilidade das limas ProFile 0.04 ISO (Dentsply Tulsa, Tulsa, OK, EUA) com movimento rotatório,

resultando em uma obturação mais uniforme e previsível em dentes decíduos anteriores (BARR; KLEIER; BARR, 2000).

Após isso, diversos estudos (AZAR; MOKHTARE, 2011; KATGE; PATIL; POOJARI; PIMPALE *et al.*, 2014; MADAN; RATHNAM; SHIGLI; INDUSHEKAR, 2011; MEHLAWAT; KAPOOR; GANDHI; KUMAR *et al.*, 2019; MUSALE; MUJAWAR, 2014; NAZARI MOGHADDAM; MEHRAN; FARAJIAN ZADEH, 2009; PATHAK, 2016; PINHEIRO; ARAUJO; BINCELLI; CUNHA *et al.*, 2012; RAMAZANI; MOHAMMADI; AMIRABADI; RAMAZANI *et al.*, 2016; RAMEZANALI; AFKHAMI; SOLEIMANI; KHARRAZIFARD *et al.*, 2015; SILVA; LEONARDO; NELSON-FILHO; TANOMARU, 2004) avaliaram a limpeza de canais e o tempo de preparo comparando o uso de limas manuais e sistemas rotatórios na dentição decídua. Apesar de muitos desses estudos não demonstrarem diferença estatística no que diz respeito à limpeza do conduto, a maioria concluiu que o uso desses sistemas diminui significativamente o tempo de preparo radicular. Aspectos como dor trans (GOVINDARAJU; JEEVANANDAN; EMG; VISHAWANATHAIAH, 2018) e pós operatória (PANCHAL; JEEVANANDAN; SUBRAMANIAN, 2019; TOPCUOGLU; TOPCUOGLU; DELIKAN; AYDINBELGE *et al.*, 2017), extrusão de debris (ALNASSAR; ALSAFADI; KOUCHAJI, 2019; KUCUKYILMAZ; SAVAS; SAYGILI; UYSAL, 2015; TOPCUOGLU; TOPCUOGLU; AKPEK, 2016) e qualidade da obturação (BABASHAHI; KARTALAIE; BASIR; RAKHSHAN, 2019; JEEVANANDAN; GOVINDARAJU, 2018; MAKAREM; RAVANDEH; EBRAHIMI, 2014; OCHOA-ROMERO; MENDEZ-GONZALEZ; FLORES-REYES; POZOS-GUILLEN, 2011; PANCHAL; JEEVANANDAN; SUBRAMANIAN, 2019; POORNIMA; DISHA; NAGAVENI; ROOPA *et al.*, 2016) também apresentaram melhores resultados quando são utilizados sistemas rotatórios.

Em 2008, visando a redução da possibilidade de contaminação e da fadiga cíclica dos instrumentos endodônticos mecanizados, foi proposta uma nova cinemática de instrumentação onde se utiliza apenas um instrumento de NiTi em um movimento reciprocante (YARED, 2008). Esse movimento pode ser descrito como um movimento oscilante onde o instrumento gira em uma direção e, em seguida, inverte o sentido antes de completar um ciclo rotatório completo (GRANDE; AHMED; COHEN; BUKIET *et al.*, 2015). Essa alternância no sentido horário e anti-horário evita o travamento do instrumento no canal radicular, diminuindo as forças compressivas que causam deformação elástica no instrumento, reduzindo o risco de fratura por

fadiga flexural e torcional no mesmo (VARELA-PATIÑO; IBÁÑEZ-PÁRRAGA; RIVAS-MUNDIÑA; CANTATORE *et al.*, 2010).

O WaveOne Gold (Dentsply Maillefer) é um sistema de limas reciprocantes que tem sua área transversal descrita como um paralelograma com 2 arestas de corte e um design descentralizado. As limas são fabricadas através de um procedimento de tratamento térmico de ouro que é executado manualmente, aquecendo-a e resfriando-a lentamente, em contraste com o tratamento térmico pré-fabricado da tecnologia M-Wire. Segundo o fabricante, este novo tratamento térmico melhora a elasticidade da lima (WEBBER, 2015). Ainda assim, um estudo revela que mais da metade das paredes dentinárias do canal (variando de 59,6% a 79,9%) não são tocadas em canais ovais, independentemente da técnica de instrumentação (DE-DEUS; BELLADONNA; SILVA; MARINS *et al.*, 2015).

Na tentativa de reduzir a porcentagem de áreas não instrumentadas na parede radicular, foram desenvolvidos sistemas com movimentos irregulares e que apresentam em seu eixo longitudinal uma curva em S, que estabelece maior superfície de contato com as paredes, resultado de um movimento rotatório assimétrico. Isso promove maior preservação de dentina durante a modelação do canal e mantém a integridade da estrutura radicular. O XP Endo Shaper (FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, Suíça) é um desses sistemas com um instrumento de modelagem de amplo espectro fabricado com a liga MaxWire (Brasseler, Savannah, GA). Trata-se de uma lima que se expande e contrai para adaptar-se à morfologia do canal, proporcionando, segundo o fabricante, uma maior flexibilidade e resistência à fadiga cíclica. O instrumento tem uma conicidade inicial de .01, e ao ser inserido no canal, atinge uma conicidade de pelo menos .04. Sua ponta “Booster Tip” lhe permite começar a modelar um canal com o diâmetro inicial menor que o instrumento. Apesar de alguns estudos terem comprovando a eficácia desse sistema em dentes permanentes (AZIM; PIASECKI; DA SILVA NETO; CRUZ *et al.*, 2017; DE-DEUS; BELLADONNA; SIMÕES-CARVALHO; CAVALCANTE *et al.*, 2019; VELOZO; ALBUQUERQUE, 2019), ainda não há estudos que avaliem sua performance na dentição decídua.

A lima XP Endo Finisher (FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, Suíça) também é um instrumento de NiTi feito com a liga MaxWire e foi introduzida para ser usada após a instrumentação, como uma etapa final para melhorar a limpeza e desinfecção do

canal radicular. Essa lima tem o tamanho de núcleo reduzido (um diâmetro ISO 25) e sem conicidade (25/.00), que à temperatura ambiente é reto, no entanto, quando colocado no interior do canal, à temperatura corporal, sua porção apical se expande e toma uma forma de colher. Segundo o fabricante, este instrumento se adapta à anatomia radicular e realiza desbridamentos e limpezas em áreas que podem não ter sido tocadas durante a instrumentação, mas sem alterar o formato original do canal (DE-DEUS; BELLADONNA; DE SIQUEIRA ZUOLO; PEREZ *et al.*, 2019). No mercado brasileiro, foi lançado uma nova lima com os mesmos princípios de finalização do preparo químico-mecânico, a XP Clean. De acordo com o fabricante, essa é uma lima de secção transversal triangular e tem o diâmetro ISO 25 e conicidade .02 (VAZ-GARCIA; VIEIRA; PETITET; MOREIRA *et al.*, 2018). Pensando na filosofia minimamente invasiva e em uma maior preservação da estrutura do dente decíduo, limas como essas poderiam ser empregadas afim de remover o tecido necrótico do interior do canal, potencializar a ação da solução irrigadora e melhorar a penetração das pastas obturadoras nos túbulos dentinários.

A microtomografia computadorizada (micro-CT) é uma técnica experimental considerada como padrão ouro dentre os métodos não destrutivos para avaliação da instrumentação dos canais radiculares, em virtude de sua alta resolução (PETERS; SCHÖNENBERGER; LAIB, 2001). Outras vantagens do micro-CT incluem a possibilidade de se definir parâmetros de reconstrução volumétrica (ex. espessura da amostra, número de cortes transversais, quantidade de projeções, conversão das imagens para modelos 3D) e o uso de uma variedade de ferramentas analíticas para examinar as imagens digitalizadas (NEVES; SILVA; ROTER; BELLADONA *et al.*, 2015). Em dentes decíduos, a utilização desta metodologia não-destrutiva ainda é bastante restrita no campo da endodontia.

Uma das maiores limitações de pesquisas *in vitro* sobre a aplicabilidade e eficácia do tratamento endodôntico em dentes decíduos é a coleta de amostras adequadas, uma vez que esses elementos são naturalmente perdidos somente após a reabsorção completa da raiz. Dentes decíduos com uma clara indicação de extração prematura devido à infecção geralmente apresentam sinais patológicos de reabsorção radicular, prejudicando seu uso como espécimes de pesquisa. Isso pode explicar a falta de estudos que investiguem os resultados biomecânicos da instrumentação do canal radicular em dentes decíduos, em comparação com dentes permanentes e o

uso ainda relativamente baixo da técnica entre odontopediatras. Um modo de superar isso é a utilização de protótipos de polímeros obtidos através do escaneamento em micro-CT de um dente extraído, que poderiam ser usados para testar sistemas de instrumentação contemporâneos e sua aplicação em dentes. De fato, estudos anteriores deste grupo de pesquisa já validaram um protótipo de incisivo central superior decíduo para estudos endodônticos (ARAGÃO; PINTOR; MARCELIANO-ALVES; PRIMO *et al.*, 2019; MORAES; SANTOS; MARCELIANO-ALVES; PINTOR *et al.*, 2019). E sendo assim, estes serão utilizados na presente pesquisa.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Avaliar o resultado biomecânico da instrumentação endodôntica manual e rotatória em protótipos de dentes decíduos hígidos através de um ensaio não-destrutivo (microtomografia computadorizada).

### **2.3 Objetivo Específico**

Comparar a qualidade do preparo biomecânico (volume final do canal, área não instrumentada, volume de dentina removido, formação de debris dentinários, e perfuração radicular) realizado através da instrumentação manual com aquele proporcionado pelos sistemas rotatórios WaveOne Gold, XP Endo Shaper, XP Endo Finisher e XP Clean em protótipos de incisivos centrais superiores decíduos.

### **3 DELINEAMENTO DA PESQUISA**

#### **3.1 Desenho do estudo**

O presente estudo trata-se de uma análise experimental, laboratorial, quantitativa, realizada no Departamento de Odontopediatria e Ortodontia da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (FO/UFRJ) em parceria com o Laboratório de Instrumentação Nuclear (LIN), (COPPE, UFRJ).

#### **3.2 Descrição do espécime**

Baseado no estudo de Aragão e colaboradores (ARAGÃO; PINTOR; MARCELIANO-ALVES; PRIMO *et al.*, 2019) foram utilizados 50 protótipos de um incisivo central superior decíduo produzido através de impressão 3D. Para tal, um incisivo central superior decíduo, sem sinal de reabsorção radicular, obtido através de uma coleção de dentes devidamente registrada no Comitê de Ética do HUCFF-UFRJ (Hospital Universitário Clementino Fraga Filho) foi digitalizado em um microtomógrafo Skyscan 1173 (Bruker micro-CT, Kontich, Bélgica) utilizando-se os seguintes parâmetros de aquisição: 40 kV, 150 mA, tamanho de pixel de 7,8 µm, matriz de 2240 x 2240 pixels, filtro de alumínio de 1 mm, exposição de 800 ms, 1° de passo de rotação e 360° em torno do eixo vertical, totalizando um tempo de escaneamento de cerca de 29 minutos.

As projeções foram reconstruídas em cortes transversais por meio de um software dedicado (NRecon, Bruker micro-CT) no qual foram introduzidos algoritmos para correção de artefatos em anel (10) e endurecimento de feixe (50%), facilitando o processamento e extração de atributos. Os cortes transversais produzidos foram processados por uma sequência de filtros utilizando-se a interface de software livre ImageJ (National Institutes of Health, Bethesda, MD, Estados Unidos) e uma estação de trabalho (Titanium W1565 Pro, Avell, Joinville, SC, Brasil). Após a filtragem, as superfícies de cada espécime foram renderizadas utilizando-se o plugin Volume Viewer, implementado no FIJI. O mapeamento das superfícies em forma de malha tetragonal foi exportado em formato \*.STL para uma outra plataforma de software livre (MeshLab v.1.3.3, 3D Coform) onde foi simplificada e preparada para a impressão 3D

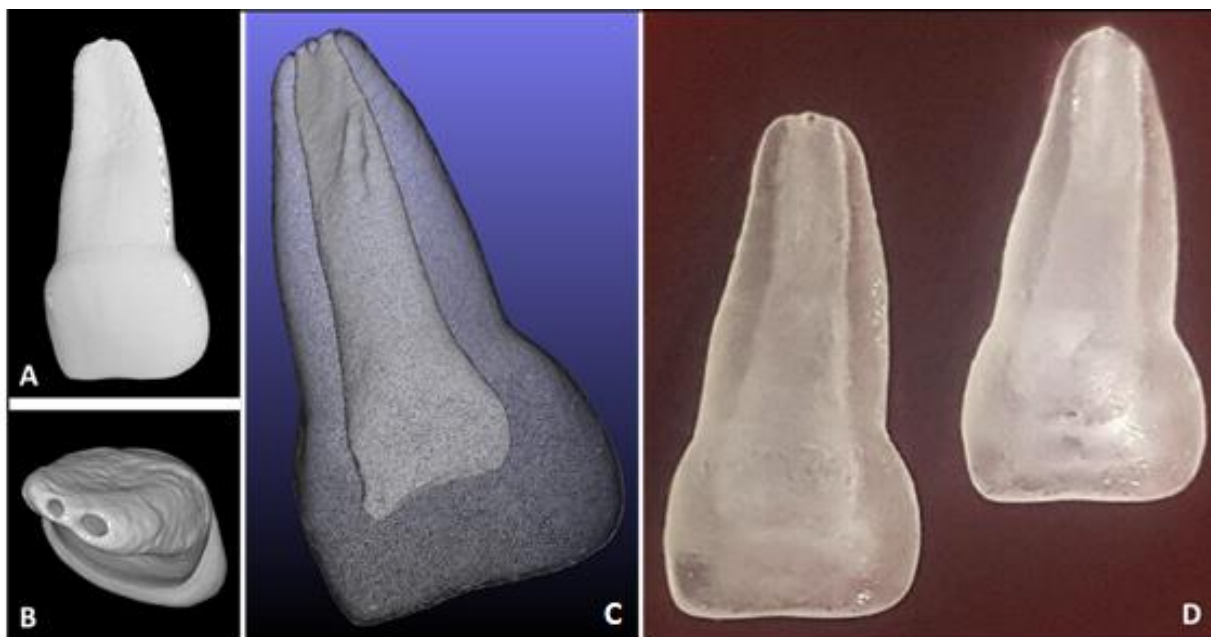
através de filtros específicos.

Os arquivos em formato \*.STL foram importados no software proprietário da impressora (3D Pegasus Touch, 3DGraf, São Paulo, SP, Brasil) e impressos em uma impressora estereolitográfica à laser, que solidifica fotopolímeros líquidos pela exposição a um laser ultravioleta. Neste estudo foi utilizado um polímero transparente (resina VeroClear 810, Stratasys, Rehovot, Israel) na impressão dos modelos. A tabela 1 fornece as especificações do fabricante para o polímero utilizado na impressão e a Figura 1 apresenta as renderizações volumétricas do modelo, a malha tetragonal aplicada e seu aspecto final depois de impresso.

**Tabela 1:** Propriedades mecânicas do material utilizado na impressão do protótipo.

<b>Propriedades</b>	<b>Dados do fabricante</b>
Resistência à tração	50 – 65 Mpa
Resistência à flexão	75 – 110 MPa
Absorção de água	1,1 – 1,5 %
Dureza Shore	83 – 86 Escala D
Módulo de Elasticidade	2000 – 3000 MPa
Módulo de Flexão	2200 – 3200 MPa
Densidade	1,18 – 1,19 g/cm <sup>3</sup>
Dureza Rockwell	73 – 76 Escala M



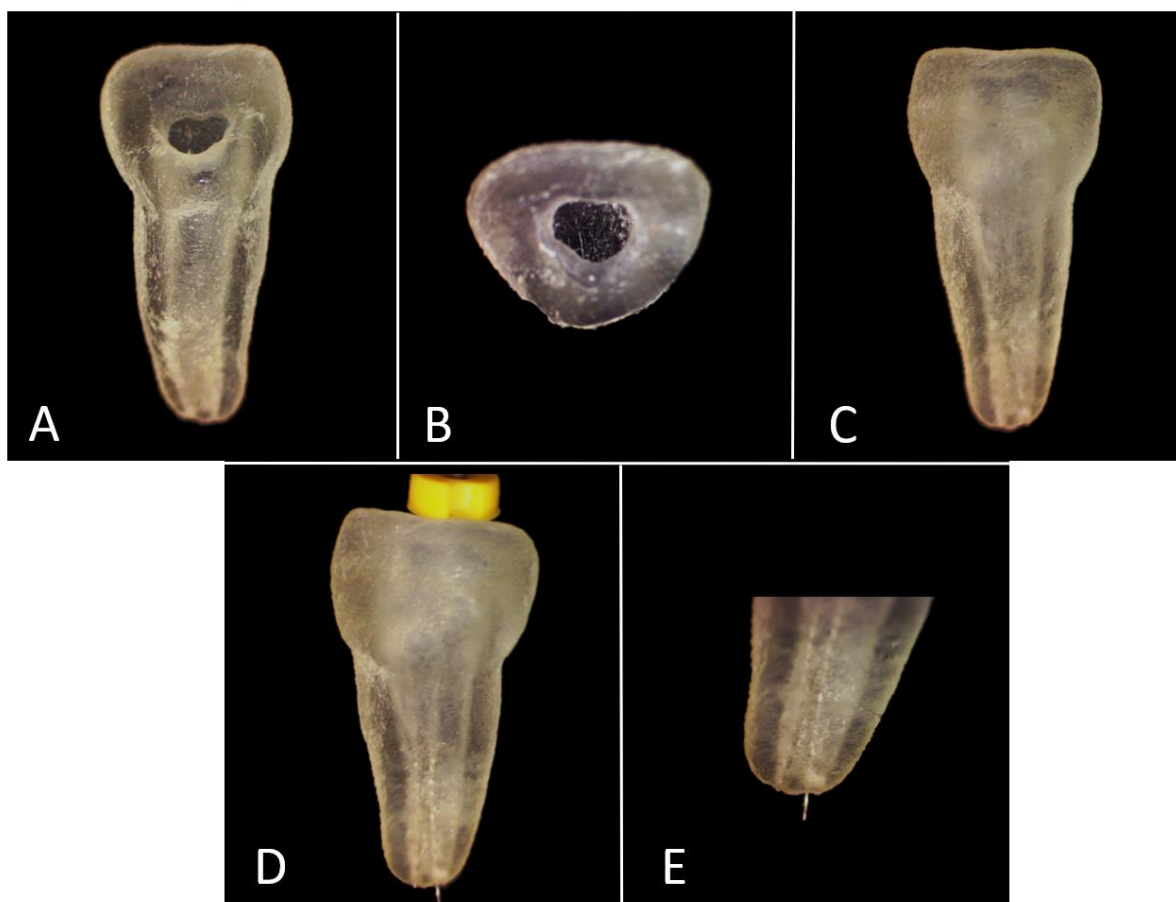


**Figura 1:** A) Renderização volumétrica do dente após aquisição e reconstrução em micro-CT. B) Detalhe da reprodução do forame apical do modelo. C) Malha triangular produzida para impressão 3D. D) Modelos impressos em resina fotopolimerizável.

### 3.1 Preparação e instrumentação dos espécimes

Foram utilizados 10 protótipos para cada tipo de instrumentação. Os espécimes impressos foram acessados pela superfície palatina com uma broca esférica 1012 acoplada a um motor de alta rotação sob irrigação com água. Uma exploração inicial do canal foi realizada com uma lima K #15 (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suíça) para desobstruir e remover resíduos de resina do interior do canal. Foi então determinado o comprimento do dente (CD), no qual se valeu de uma lima K #10 introduzida no canal até que esta ultrapassasse o forame apical, sendo levemente removida até o ponto que não mais fosse visível. O limitador de penetração foi deslizado até a face incisal do dente, sendo a lima removida e mensurada, determinando o CD em 16 mm. Desta medida foi subtraído 1 mm, determinando o comprimento de trabalho (CT). (Figura 2).

Com o canal limpo, os dentes foram escaneados pelo micro-CT para a obtenção do conjunto de imagens BASELINE, utilizando os parâmetros de aquisição previamente descritos.



**Figura 2:** A) Vista palatina do protótipo logo após o acesso. B) Vista incisal. C) Vista vestibular. D) Determinação do comprimento do dente utilizando uma lima K#10. E) Lima ultrapassando o forame apical.

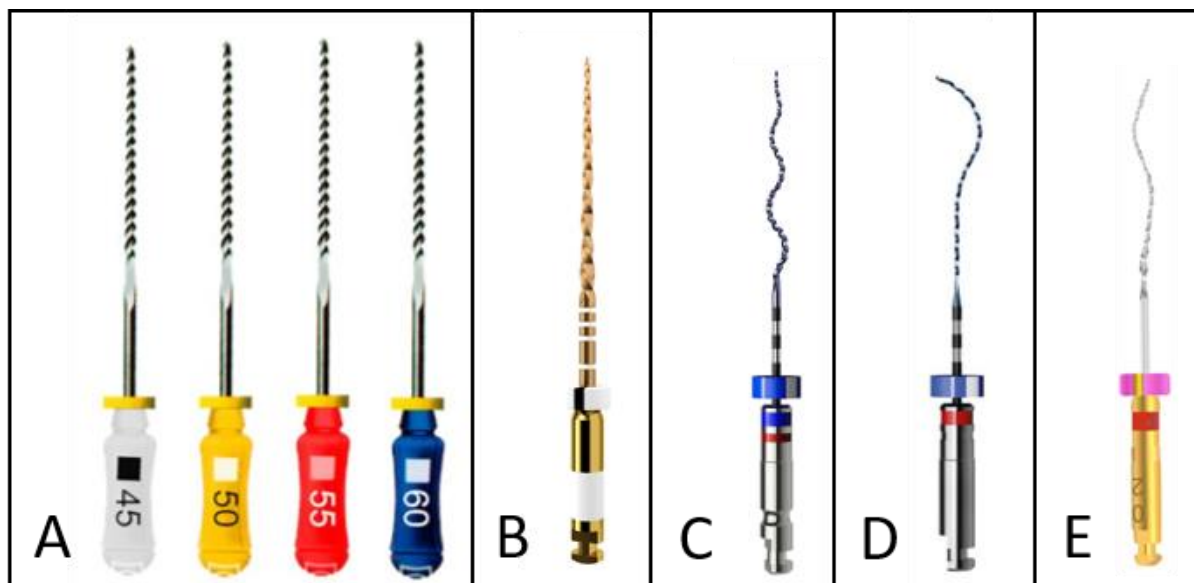
Para a instrumentação, os sistemas mecanizados foram acionados por intermédio do motor X-Smart™Plus (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça) seguindo as recomendações do fabricante de cada lima. Todos os protótipos foram instrumentados por um único operador especialista em Odontopediatria, que foi previamente treinado e supervisionado por um endodontista durante a execução da instrumentação. Cada lima foi utilizada em 5 protótipos, e então substituída por uma nova.

### 3.2 Etapa de instrumentação

- **Manual com limas Kerr** (Dentsply, Maillefer, Ballaigues, Suíça)(Figura 3A): Foram utilizadas limas Kerr de segunda série realizando a técnica escalonada no sentido ápice-coroa. A primeira lima utilizada foi a #45, seguida das 3 limas da mesma

série. Entre as diferentes limas foi realizada irrigação com 5ml de solução fisiológica à 0,9%.

- **Sistema WaveOne Gold** (Dentsply-Sirona, EUA) (Figura 3B): Foi utilizada a lima Large (045/05) de 21 mm de comprimento em sua pré-programação de instrumentação recíprocante, própria para o sistema WaveOne®. O instrumento foi movido vagarosamente e com um movimento delicado de dentro para fora. Após três movimentações de “bicadas”, o instrumento foi limpo com uma gaze e o movimento repetido até que fosse atingido o comprimento de trabalho.
- **Sistema XP Endo Shaper** (FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, Suíça)(Figura 3C): O instrumento foi acionado de acordo com a recomendação do fabricante (1000rpm e torque 1N). A lima foi introduzida com o motor parado no interior do canal até apresentar resistência, foi feito um recuo para então o motor ser acionado. Foram realizados movimentos longos de vai-e-vem até atingir o comprimento de trabalho. Uma vez no CT, foi repetido esse movimento 15 vezes.
- **Sistema XP-Endo Finisher** (FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, Suíça) e **XP-Clean** (MK Life, Porto Alegre, Brasil)(Figura 3D e E): Em ambos os sistemas foi utilizada a mesma técnica. O instrumento foi acionado de acordo com a recomendação dos fabricantes (1000rpm e torque 1N). A lima foi introduzida com o motor parado no interior do canal e então acionada. Foram feitos movimentos longitudinais lentos e suaves durante um minuto para tocar em toda a extensão do canal.



**Figura 3:** A) Limas manuais de 2ª série. B) Lima Large WaveOne Gold. C) Lima XP-Endo Shaper D) Lima XP-Endo Finisher. E) Lima XP-Clean

O protocolo de irrigação foi o mesmo em todos os protótipos, e consistiu em uma irrigação final com 10ml de soro fisiológico à 0,9% com uma agulha NaviTip (Ultradent, Indaiatuba, São Paulo, SP, Brazil) de 20 G inserida até 2mm do CT e aspiração simultânea.

Após a instrumentação, todos os protótipos foram novamente escaneados no micro-CT utilizando-se os mesmos parâmetros de aquisição das imagens (conjunto de imagens INSTRUMENTADO).

### 3.3 Análise em micro-CT

Após a aquisição das imagens em micro-CT, estas foram reconstruídas em cortes transversais, utilizando-se os seguintes parâmetros (padronizados para todos as reconstruções): Filtro para remoção de ruídos (7), correção de artefatos de anel (9), correção de endurecimento de feixe (45), e estabelecimento de limites de contraste entre 0,04 e 0,5.

Após a reconstrução, os conjuntos de imagens foram registrados entre si, para garantir que fossem posicionados nas mesmas coordenadas espaciais. Para isso, os mesmos foram exportados em formato \*.nrrd para o software 3D Slicer (disponível em <http://www.slicer.org>). Nele, o conjunto de imagens do canal hígido foi considerado

como o volume de referência, a partir do qual os demais volumes referentes aos diferentes momentos do preparo foram registrados. Foi utilizado um algoritmo “Rigid+Scale” com 7 graus de liberdade.

Após o registro, os principais parâmetros de análise da qualidade da instrumentação endodôntica foram obtidos, sendo eles: a quantidade de debris acumulados no interior do canal, a porcentagem de área não tocada pelos instrumentos e o volume de dentina removido do interior do canal. Para a análise de debris, área não instrumentada e volume dentina removido, foi utilizada uma metodologia proposta anteriormente para a obtenção destes parâmetros em micro-CT em dentes permanentes (NEVES; SILVA; ROTER; BELLADONA *et al.*, 2015). Esta análise é baseada na obtenção de volumes dos canais hígidos e instrumentados através de diferentes limiares de segmentação, de acordo com o parâmetro a ser obtido.

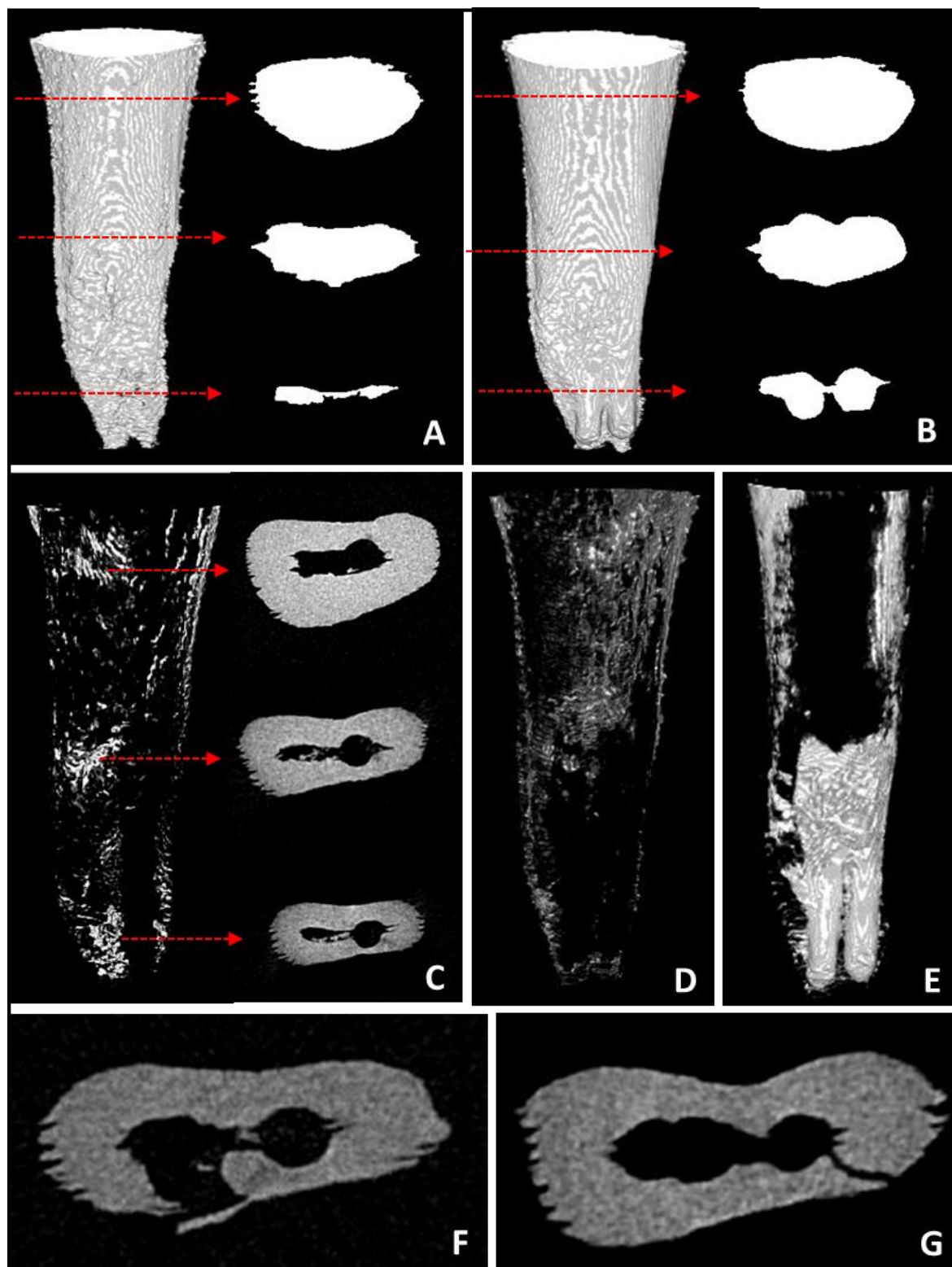
Após a reconstrução nenhum pre-processamento nas imagens foi necessário, visto que estas apresentavam baixo nível de ruídos. Todas as etapas de análise de imagens foram realizadas no software de livre acesso FIJI (RUEDEN; SCHINDELIN; HINER; DEZONIA *et al.*, 2017). A primeira etapa de segmentação consistiu na obtenção do volume inicial do canal hígido e para isto, cada um dos conjuntos de imagens BASE foi segmentado através de um valor fixo (30), resultando assim na obtenção do volume de dentina radicular inicial. Para se obter o volume do canal, o volume de dentina inicial foi duplicado e desta imagem foi apagado o canal. Subtraindo-se desta o volume inicial da dentina, obteve-se o volume do canal inicial, conforme ilustrado na Figura 4. Para se obter o volume canal instrumentado, foi realizado o mesmo procedimento e valor de segmentação, porém nesse caso foi utilizando o conjunto de imagens INSTRUMENTADO.



**Figura 4:** A) Resultado da segmentação da dentina BASE após a etapa de preenchimento automático do canal radicular. B) Segmentação da dentina BASE. C) Resultado da subtração A-B (canal radicular) D) Representação volumétrica do canal radicular hígido obtido após a operação aritmética.

A Figura 5 ilustra o resultado da segmentação do canal hígido (Figura 5A) e instrumentado (Figura 5B). Para o cálculo dos debrís acumulados, um valor de segmentação mais elevado foi selecionado (70) no conjunto de imagens INSTRUMENTADO para se manter no resultado da segmentação, as áreas de debrís, que possuem tom de cinza ligeiramente menor do que a dentina. Após isso, este conjunto de imagens é subtraído do volume do canal instrumentado, resultando em um conjunto de imagens que apresenta os debrís impactados (Figura 5C).

Para o cálculo do volume de dentina removido do canal, o conjunto de imagens BASE foi subtraído do conjunto de imagens INSTRUMENTADO (Figura 5E) enquanto que para o cálculo da área de dentina não tocada pelo instrumento (Figura 5D), o contrário foi realizado (conjunto de imagens INSTRUMENTADO foi subtraído do conjunto de imagens BASE). Todos os cálculos volumétricos foram realizados no software FIJI com o auxílio do plugin 3D Object Counter (BOLTE; CORDELIÈRES, 2006).



**Figura 5:** A) Representação volumétrica do canal hígido e seções transversais em diferentes comprimentos do mesmo. B) Representação volumétrica do canal instrumentado e seções transversais em diferentes comprimentos do mesmo. C) Debris acumulados ao longo do canal instrumentado. D) Área da parede interna do canal não tocada pelos instrumentos. E) Volume de dentina removido do canal. F) Amostra apresentando perfuração da parede do canal. G) Amostra apresentando trinca no interior do canal radicular.

No entanto, para a comparação da quantidade de área não instrumentada, após a obtenção do volume de imagens, os valores foram calculados em termos da superfície externa da parede do canal que não foi tocada pelo instrumento, e não o seu volume. Para isto, inicialmente, o número de voxels de superfície correspondendo ao contorno externo do canal hígido foi obtida no conjunto de imagens BASELINE também através do plugin 3D Object Counter. Considerando este valor como 100% da área interna, a porcentagem de área não tocada pelo instrumento foi calculada utilizando o número de voxels de superfície obtido após a subtração INSTRUMENTADO – BASELINE).

### **3.4 Análise estatística**

Todos os dados foram inseridos no software SPSS 21.0 (IBM, Chicago, IL - License from Cardiff University, UK) para serem analisados. O teste de Shapiro-Wilk foi utilizado para verificar a normalidade dos dados. O ANOVA seguido do teste de Tukey foi utilizado para comparar as médias de volume final do canal, formação de debris, volume de dentina removida e área não instrumentada das paredes do canal. O teste T de Student foi usado para comparar os volumes inicial e final do canal entre cada grupo de instrumentação. Um nível de significância de 5% foi considerado para todas as análises. A presença de trincas e/ou perfurações ao longo do canal foi registrada e uma descrição qualitativa da sua presença foi realizada.



## **4 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA**

**Artigo: Micro-CT evaluation of root canal preparation with rotary instrumentation on prototyped primary incisors**

#### **4.1 Artigo: Micro-CT evaluation of root canal preparation with rotary instrumentation on prototyped primary incisors**

Rafael dos Reis Moraes<sup>a</sup>

Renata Perez Vianna Silva<sup>b</sup>

Aline Saddock de Sá Silva<sup>c</sup>

Alessandra Silveira Machado<sup>c</sup>

Ricardo Tadeu Lopes<sup>c</sup>

Andrea Vaz Braga Pintor<sup>a</sup>

Laura Guimarães Primo<sup>a</sup>

Aline de Almeida Neves<sup>a,d</sup>

*<sup>a</sup>Department of Pediatric Dentistry and Orthodontics, School of Dentistry, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brazil.*

*<sup>b</sup>Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brazil.*

*<sup>c</sup>Laboratory for Nuclear Instrumentation, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brazil.*

*<sup>d</sup>Clinical Lecturer in Paediatric Dentistry, King's College London, UK.*

#### **Correspondence to:**

Aline de Almeida Neves

Rua Prof. Rodolpho Paulo Rocco, 325 – Cidade Universitária – RJ

ZIP code 21941-617

e-mail: [aline.neves@odonto.ufrj.br](mailto:aline.neves@odonto.ufrj.br)

## Abstract

**Objective:** The aim of this study was to evaluate the result of endodontic instrumentation in prototypes of intact primary teeth with mechanized systems using computerized microtomography. **Methods:** 50 prototypes of a primary maxillary central incisor produced using 3D printing were used. The file systems used to instrumentation were hand files, WaveOne Gold (WOG), XP Endo Shaper (XPS), XP Endo Finisher (XPF) and XP Clean (XPC). Each group had 10 teeth and were instrumented according to the manufacturers' recommendations. The scanning of the prototypes by micro-CT was performed before and after instrumentation and the reconstructions were standardized for each set of images. The Shapiro-Wilk test was used to verify the normality of the data. ANOVA followed by the Tukey test was used to compare the averages of final canal volume, debris formation, dentin volume removed and untouched area of the canal walls. Student's t-test was used to compare the initial and final volumes between each instrumentation group. A qualitative description was made to verify of the presence of cracks and/or perforations. **Results:** All groups showed a significant difference in volume of the canal after instrumentation. The greatest increase in volume of the canal after instrumentation was with hand files, that had a statistically significant difference when compared to rotary files, which showed no difference among them. Regarding the accumulation of debris and untouched areas, there was no statistical difference between the groups. The largest volume of dentin removed was when using hand files. Only the hand files and WOG groups showed cracks. Root perforation was observed only in the hand file group. **Conclusion:** We concluded that the use of rotary systems showed better results in the biomechanical preparation of the canal of primary maxillary incisors when compared to hand files.

**Keywords:** endodontics, primary teeth, rotary instrumentation

## Introduction

Pulpectomy is a common endodontic procedure, indicated for primary teeth with irreversibly inflamed or necrotic pulps due to dental caries or trauma (BARCELOS; TANNURE; GLEISER; LUIZ *et al.*, 2012). This procedure consists in eliminating infection and protecting the tooth element from future microbial invasions until physiologic exfoliation takes place. During this procedure, the root canals are cleaned and shaped (the so-called chemical-mechanical preparation) before being filled with a resorbable paste and following a permanent crown restoration. This technique has traditionally been advocated with manual endodontic files made of stainless steel (SMAÏL-FAUGERON; COURSON; DURIEUX; MULLER-BOLLA *et al.*, 2014). Concerning to mechanical preparation, the use of stainless steel hand files for root canal preparation is time consuming and can lead to iatrogenic errors such as steps, apical transport, and perforations (MUSALE; MUJAWAR, 2014).

The use of nickel-titanium files in either rotary or reciprocating motion in the primary dentition has shown good results when compared to the traditional method with hand files (ALNASSAR; ALSAFADI; KOUCHAJI, 2019; MEHLAWAT; KAPOOR; GANDHI; KUMAR *et al.*, 2019; PANCHAL; JEEVANANDAN; SUBRAMANIAN, 2019). Nevertheless, these files leave considerable untouched areas on the root walls, which may result in bacterial recontamination. In an attempt to reduce the percentage of non-instrumented areas on the root walls, another system, presenting an S curve on its longitudinal axis were developed, which results in an asymmetric rotational movement and, providing further surface contact with the root walls. This promotes greater dentin preservation during canal shaping and maintains the integrity of the root structure (AZIM; PIASECKI; DA SILVA NETO; CRUZ *et al.*, 2017). However, there are no studies on the effectiveness of these instruments in primary teeth.

One of the major limitations of *in vitro* research on endodontic treatment in primary teeth is that these elements are naturally lost only after complete root exfoliation and thus, the collection of appropriate samples is greatly impaired. One way to overcome this is to use 3D printed polymer prototypes obtained by micro-CT scanning of a real tooth specimen that could be used to test contemporary instrumentation systems and their application to primary teeth (MORAES; SANTOS; MARCELIANO-ALVES; PINTOR *et al.*, 2019). Computed microtomography (micro-CT) is considered the gold standard among non-destructive methods for root canal instrumentation evaluation, due to its high resolution (PETERS; SCHÖNENBERGER; LAIB, 2001). Other

advantages of micro-CT include the ability to set volumetric reconstruction parameters (eg sample thickness, number of cross-sections, number of projections, conversion of images to 3D models) and the use of a variety of analytical tools to examine scanned images (NEVES; SILVA; ROTER; BELLADONA *et al.*, 2015). In primary teeth, the use of this non-destructive methodology is still very restricted in the field of endodontics.

Therefore, the aim of this study is to compare the quality of biomechanical preparation (increase in the canal volume, presence of non-instrumented areas, volume of dentin removed, formation of dentin debris, cracks, root perforation and canal obstruction) after pulpectomy procedures performed with hand files compared to that provided by the WaveOne Gold, XP-Endo Shaper, XP-Endo Finisher and XP Clean rotary systems.

## **Materials and Methods**

### ***Preparation of the specimen***

The protocol for obtaining the prototypes was described by Moraes *et al.* (MORAES; SANTOS; MARCELIANO-ALVES; PINTOR *et al.*, 2019). Ten prototypes were used for each type of instrumentation. The printed specimens were accessed through the palatal surface with a diamond bur 1012 attached to a high-speed motor under water irrigation. An initial root canal exploration was performed with a Kerr #15 file to clear and remove resin residue from the canal interior. The tooth length (TL) was then determined, using a K #10 file (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Switzerland) introduced into the canal until it reached the apical foramen, being slightly removed to a point that was no longer visible. The penetration limiter was slid to the incisal surface of the tooth, and the file was removed and measured, determining the TL at 16 mm. This measurement was subtracted 1 mm, determining the working length (WL). With the clean canal, the teeth were scanned by micro-CT to obtain the baseline with the previously mentioned acquisition parameters.

### ***Instrumentation techniques***

For instrumentation, the rotary systems were powered by the X-Smart™ Plus (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) following the manufacturer's recommendations for each file. The irrigation protocol was the same for all prototypes and consisted of final irrigation with 10ml of 0.9% saline solution with a 20 G NaviTip

needle (Ultradent, Indaiatuba, Sao Paulo, SP, Brazil) inserted up to 2mm CT and simultaneous aspiration. Each file was used in 5 prototypes and then replaced with a new one.

The instrumentation techniques used in the present study were:

- Manual instrumentation with Kerr files (Dentsply, Maillefer, Ballaigues, Switzerland): Second-series Kerr files were used using the apex-crown step-back technique. The first file used was # 45, followed by the 3 files in the same series. Among the different files, irrigation with 5 ml of 0.9% saline solution was performed.
- WaveOne Gold System (Dentsply-Sirona, USA): The 21 mm Large (045/05) file was used in its reciprocating instrumentation preprogramming, suitable for the WaveOne® system. The instrument was moved slowly and with gentle movement from the inside out. After three pecking movements, the instrument was cleaned with gauze and the movement was repeated until the WL was reached.
- XP Endo Shaper System (FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, Switzerland): The instrument was driven according to the manufacturer's recommendation (1000rpm and 1N torque). The file was introduced in the root canal and if the motor stopped due to canal resistance, the file was retrieved to allow the motor to be started. Long gentle strokes were performed until reaching the WL. Once on the WL, this movement was repeated 15 times.
- XP-Endo Finisher (FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, Switzerland) and XP-Clean (MK Life, Porto Alegre, Brazil) Systems: Both systems used the same technique. The instrument was driven according to the manufacturer's recommendation (1000rpm and 1N torque). The file was slightly introduced with the motor stopped into the canal and then driven. Slow and gentle 7-8mm longitudinal movements were made for one minute to touch the full length of the canal.

After instrumentation, all prototypes were scanned again on the micro-CT using the same image acquisition parameters (INSTRUMENTED image set).

### ***Micro-CT Analysis***

After the acquisition of the images in micro-CT, they were reconstructed in cross-

sections, using the following parameters (standardized for all reconstructions): Filter for removal of noise (7), correction of ring artifacts (9), correction beam hardening (45%), and establishment of contrast limits between 0.04 and 0.5.

After the reconstruction, the sets of images were registered with each other, to ensure that they were positioned in the same spatial coordinates. For this, they were exported in \*.nrrd format to the 3D Slicer software (available at <http://www.slicer.org>). In it, the set of images of the sound canal was considered as the reference volume, from which the other volumes referring to the different moments of the preparation were recorded. A “Rigid + Scale” algorithm with 7 degrees of freedom was used.

After recording, the main parameters for analyzing the quality of endodontic instrumentation were obtained, namely: the amount of debris accumulated inside the canal, the percentage of area not touched by the instruments and the volume of dentin removed from inside the canal. For the analysis of debris, non-instrumented area and volume of dentin removed, a previously proposed methodology was used to obtain these parameters in micro-CT in permanent teeth (NEVES; SILVA; ROTER; BELLADONA *et al.*, 2015).

After reconstruction, no pre-processing on the images was necessary, as they presented low noise levels. All stages of image analysis were performed using open access FIJI software (RUEDEN; SCHINDELIN; HINER; DEZONIA *et al.*, 2017). The first segmentation step consisted of obtaining the initial volume of the sound canal and for this, each of the sets of BASELINE images was segmented through a fixed value (30), thus resulting in the obtaining of the initial root dentin volume. To obtain the canal volume, the initial dentin volume was doubled and the canal was deleted from this image. Subtracting the initial dentin volume from this, the volume of the initial canal was obtained, as shown in Figure 1. To obtain the instrumented canal volume, the same procedure and segmentation value was performed, but in this case, the set was used of INSTRUMENTED images.

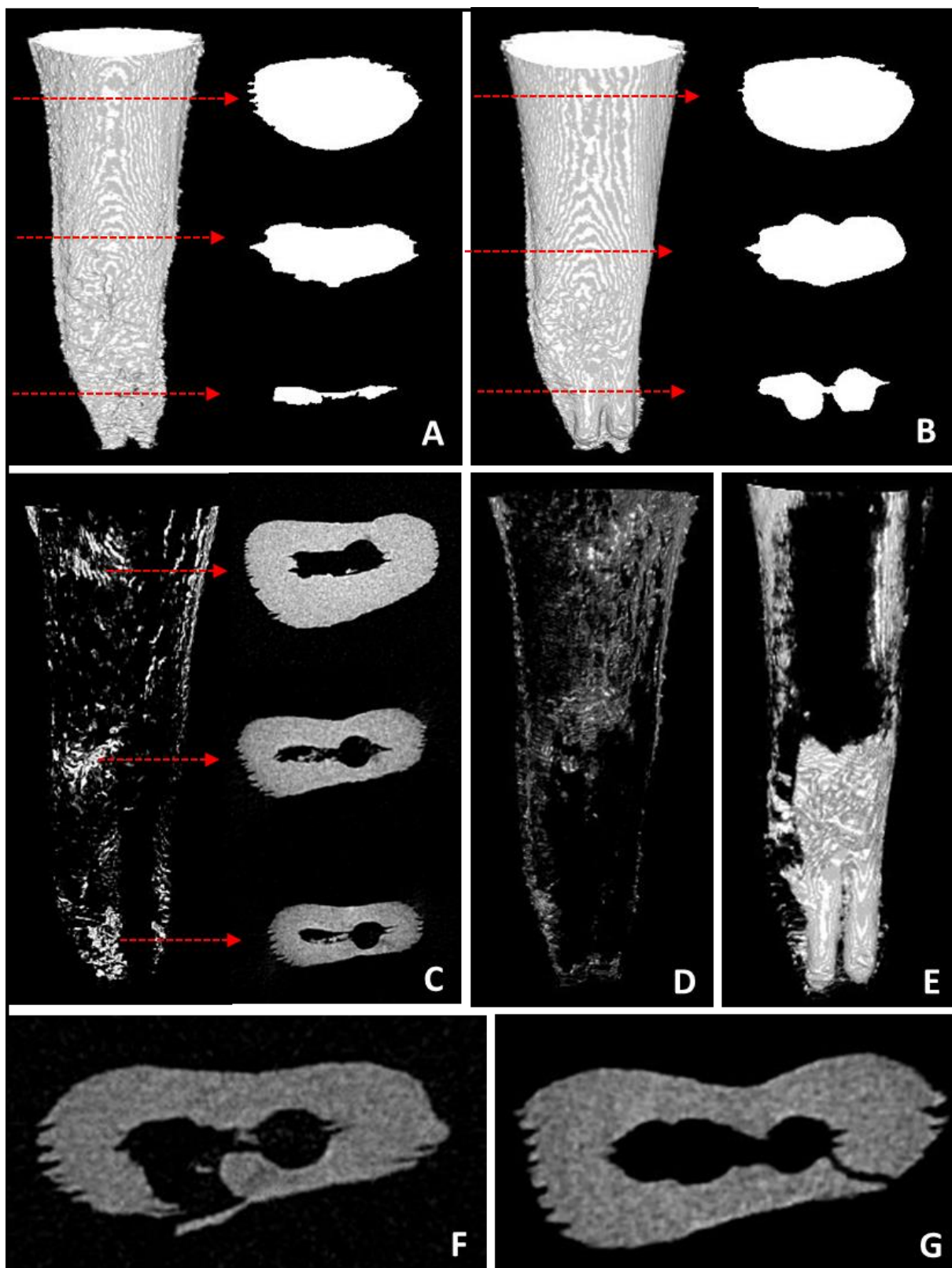


**Figure 1:** A) Result of segmentation of the BASELINE dentin after the stage of automatic filling of the root canal. B) Segmentation of BASELINE dentin. C) Result of subtraction A-B (root canal) D) Volumetric representation of the sound root canal obtained after the arithmetic operation.

Figure 2 illustrates the result of segmentation of the sound (Figure 2A) and instrumented (Figure 2B) canal. For the calculation of accumulated debris, a higher segmentation value was selected (70) in the INSTRUMENTED set of images to maintain the debris areas, which have a slightly lower gray tone than dentin, in the segmentation result. After that, this set of images is subtracted from the volume of the instrumented canal, resulting in a set of images that presents the impacted debris (Figure 2C).

For calculating the volume of dentin removed from the canal, the BASELINE image set was subtracted from the INSTRUMENTED image set (Figure 2E) while for the calculation of the dentin area not touched by the instrument (Figure 2D), the opposite was done (INSTRUMENTED image set was subtracted from the BASELINE image set). All volumetric calculations were performed in the FIJI software with the aid of the 3D Object Counter plugin (Bolte and Cordelières 2006).





**Figure 2:** A) Volumetric representation of the sound canal and cross sections in different lengths. B) Volumetric representation of the instrumented canal and cross sections in different lengths. C) Debris accumulated along the instrumented canal. D) Area of the inner wall of the canal that was not touched by the instruments. E) Volume of dentin removed from the canal. F) Sample showing perforation of the canal wall. G) Sample showing crack inside the root canal.

However, for the comparison of the amount of non-instrumented area, after obtaining the volume of images, the values were calculated in terms of the external surface of the canal wall that was not touched by the instrument, and not its volume. For this, initially, the number of surface voxels corresponding to the external contour of the sound canal was obtained in the set of images BASELINE also through the 3D Object Counter plugin. Considering this value as 100% of the internal area, the percentage of area not touched by the instrument was calculated using the number of surface voxels obtained after the INSTRUMENTED - BASELINE subtraction.

### ***Statistical Analysis***

All data were inserted in the SPSS 21.0 software (IBM, Chicago, IL - License from Cardiff University, UK) to be analyzed. The Shapiro-Wilk test was used to verify the normality of the data. One-Way ANOVA followed by the Tukey's test was used to compare the means of final canal volume, debris formation, dentin volume removed and non-instrumented area of the canal walls. Student's T test was used to compare initial and final canal volumes between each instrumentation group. A significance level of 5% was considered for all analyzes. The presence of cracks and / or perforations along the canal was recorded and a qualitative description of its presence was performed.

## Results

No statistical difference was observed in the initial root canal volumes among the experimental groups. After instrumentation, all experimental groups showed a statistically significant increase in the final canal volume but among them, the greatest increase was observed with hand files, where a statistical difference ( $p < 0.05$ ) was observed when compared to rotary systems, except WaveOne Gold. Among the rotary systems, there was no difference in the final volume of the canal (Table 1).

**Table 1:** Initial mean root canal volume ( $\text{mm}^3$ ) among each experimental group.

Experimental Groups	Mean initial root canal volume ( $\pm$ SD)	Mean final root canal volume ( $\text{mm}^3$ )
Hand files	22.08 ( $\pm$ 2,05) <sup>a, A</sup>	25.63 ( $\pm$ 2.05) <sup>a, B</sup>
<i>WaveOne® GOLD</i>	21.75 ( $\pm$ 2,23) <sup>a, A</sup>	23.17 ( $\pm$ 2.12) <sup>ab, B</sup>
XP Endo Shaper	20.38 ( $\pm$ 2,70) <sup>a, A</sup>	21.77 ( $\pm$ 2.23) <sup>b, B</sup>
XP Endo Finisher	20.96 ( $\pm$ 2,55) <sup>a, A</sup>	22.06 ( $\pm$ 2.99) <sup>b, B</sup>
XP Clean	20.54 ( $\pm$ 1,55) <sup>a, A</sup>	22.74 ( $\pm$ 1.06) <sup>b, B</sup>

\*Different superscript lowercase letters indicate statistical difference among the rows (1 way ANOVA followed by Tukey Test). Different superscript upper letters indicate statistical difference among the columns (Student's T-test).

No statistically significant difference was observed among the groups regarding the accumulation of debris or presence of non-instrumented areas inside the canal. However, WaveOne GOLD and XP Endo Shaper instrumentation resulted in more than twice or three times more the volume of debris compared to hand, XP Endo Finisher and XP Clean files. For non-instrumented areas, XP Clean and hand files achieved at least half of the areas achieved by WaveOne GOLD, XP Endo Shaper and XP endo finisher. A statistically significant higher removed dentin volume was observed in the hand file group (Table 2).

**Table 2:** Final root canal volume, accumulated debris after instrumentation, volume of removed dentin and % of non-instrumented areas among the experimental groups.

<b>Experimental Groups</b>	<b>Mean accumulated debris (mm<sup>3</sup>)</b>	<b>Mean removed dentin volume (mm<sup>3</sup>)</b>	<b>Mean non-instrumented areas (%)</b>
Hand Files	0.05 ( $\pm 0.04$ ) <sup>a</sup>	2.90 ( $\pm 0.39$ ) <sup>a</sup>	16.83% ( $\pm 7.85$ ) <sup>a</sup>
WaveOne® GOLD	0.12 ( $\pm 0.09$ ) <sup>a</sup>	1.44 ( $\pm 0.89$ ) <sup>b</sup>	32.76% ( $\pm 18.94$ ) <sup>a</sup>
XP Endo Shaper	0.12 ( $\pm 0.12$ ) <sup>a</sup>	1.36 ( $\pm 0.87$ ) <sup>b</sup>	32.20% ( $\pm 10.22$ ) <sup>a</sup>
XP Endo Finisher	0.04 ( $\pm 0.04$ ) <sup>a</sup>	0.99 ( $\pm 0.68$ ) <sup>b</sup>	33.54% ( $\pm 18.07$ ) <sup>a</sup>
XP Clean	0.03 ( $\pm 0.03$ ) <sup>a</sup>	1.76 ( $\pm 1.03$ ) <sup>b</sup>	16.96% ( $\pm 10.07$ ) <sup>a</sup>

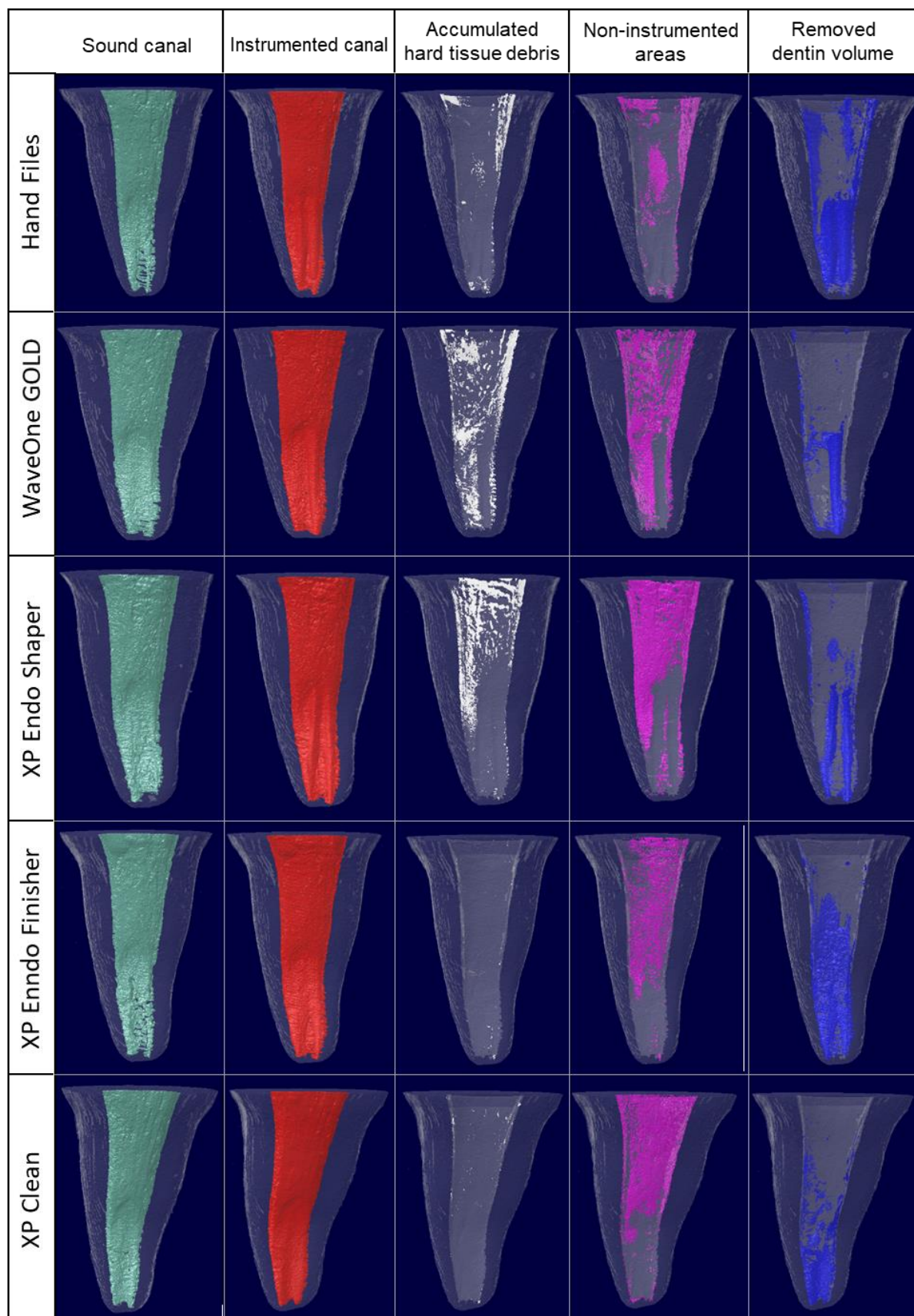
\*Different superscript lowercase letters indicate statistical difference (ANOVA followed by Tukey's test,  $p < 0.05$ )

As shown in Table 3, only 5 prototypes showed cracks (3 in the manual group and 2 in the WaveOne Gold group). Root perforation was only observed in the hand files group, and this occurred in 3 prototypes. All cracks and root perforations occurred in the apical third of the roots.

**Table 3:** Presence of cracks and perforation after instrumentation.

<b>Groups</b>	<b>Cracks (n)</b>	<b>Perforation (n)</b>
Hand Files	6% (3)	6% (3)
WaveOne Gold	4% (2)	0%
XP Endo Shaper	0%	0%
XP Endo Finisher	0%	0%
XP Clean	0%	0%

Figure 3 shows volumetric renderings of the studied biomechanical outcomes of representative specimens in each experimental groups.



**Figure 3:** Tridimensional renderings of the evaluated biomechanical outcomes of representative specimens from each instrumentation group.

## Discussion

In the present study, the effectiveness of rotary systems on prototyped primary maxillary incisors was compared with the use of hand files. Several studies in the literature present good results when using this type of system in primary teeth (ALNASSAR; ALSAFADI; KOUCHAJI, 2019; JEEVANANDAN; THOMAS, 2018; RAMAZANI; MOHAMMADI; AMIRABADI; RAMAZANI *et al.*, 2016). Many parameters can be used to check the quality of the instrumentation, such as the percentage of non-instrumented areas on the canal walls (the more walls touched, the better)(AZIM; PIASECKI; DA SILVA NETO; CRUZ *et al.*, 2017; VERSIANI; CARVALHO; MAZZI-CHAVES; SOUSA-NETO, 2018), the amount of dentin removed (the less dentin removed, the better)(SINGH; ABDUL; SHARMA; SAINUDEEN *et al.*, 2019), risk of perforations, cracks and other iatrogenic errors (AYDIN; KESKIN; ÖZYÜREK; GENEÇI *et al.*, 2019; SELVAKUMAR; KAVITHA; THOMAS; ANADHAN *et al.*, 2016). Many studies have been made on permanent dentition using modern rotary files, but the literature lacks work on the new systems in primary teeth.

In this study, the final volume of the canal was greater when hand files were used, as well as the amount of dentin removed. This result is in agreement with the findings of Kaya *et al.* (KAYA; ELBAY; YIGIT, 2017) and Musale *et al.* (MUSALE; JAIN; KOTHARE, 2019) who observed a greater amount of dentin removed when hand files were used, compared to rotary systems, such as Self Adjusting Files (SAF), ProFile and Hero Shaper systems. However, Poornima *et al.* (POORNIMA; DISHA; NAGAVENI; ROOPA *et al.*, 2016) and Esenturk *et al.* (ESENTURK; AKKAS; CUBUKCU; NAGAS *et al.*, 2019) observed a greater increase in volume using rotary systems. This divergence of results is probably due to the fact that the studies conducted by them were carried out on primary molars. In fact, instrumentation on primary incisors requires the use of larger diameter hand files, while rotary files have less taper. However, this result presents a more conservative approach, which is essential for primary teeth, since its small root wall thickness can lead more easily to perforations and cracks.

A new concept of a finishing file was introduced to be used after the root canal instrumentation, as a final step to improve root canal cleaning while conserving dentin. The XP Endo Finisher (XPF) effectively removed accumulated hard tissue debris and

smear layer from the root canal system of permanent teeth (ELNAGHY; MANDORAH; ELSAKA, 2017; LEONI; VERSIANI; SILVA-SOUSA; BRUNIERA *et al.*, 2017). In addition, XPF showed better results regarding its disinfection effectiveness (AZIM; AKSEL; ZHUANG; MASHTARE *et al.*, 2016). XP Clean (XPC) is an instrument produced in Brazil showing similar principles as XPF, however, to the best of our knowledge, there are still no studies in literature proving its effectiveness. In this study, although there was no significant statistical difference, the XP Clean system accumulated less debris than all other systems, and it was the one that most touched the walls of the canal.

During root canal instrumentation, a smear layer is produced on the canal walls. The smear layer is a combination of inorganic and organic particles, including bacteria and tissue remnants. The removal of debris and smear layer from the root canal system before obturation is one of the most important aims of endodontic treatment (BARCELOS; TANNURE; GLEISER; LUIZ *et al.*, 2012; SUBRAMANIAM; GIRISH BABU; TABREZ, 2016). In this study, there was no statistically difference in debris formation between the groups. This result corroborates the results of Pinheiro *et al.* (PINHEIRO; ARAUJO; BINCELLI; CUNHA *et al.*, 2012) and Subramanian *et al.* (SUBRAMANIAM; GIRISH BABU; TABREZ, 2016).

The percentage of non-instrumented areas of the canal in this study using is in agreement with the results obtained in other studies performed in permanent teeth (DE-DEUS; BELLADONNA; SILVA; MARINS *et al.*, 2015; GUIMARÃES; GOMES; MARCELIANO-ALVES; CUNHA *et al.*, 2017; PETERS; SCHÖNENBERGER; LAIB, 2001; SIQUEIRA; PÉREZ; MARCELIANO-ALVES; PROVENZANO *et al.*, 2018) and in a pilot study using a reciprocating file system in prototypes of a primary incisor (MORAES; SANTOS; MARCELIANO-ALVES; PINTOR *et al.*, 2019). Among the rotary systems, XP Clean was the file that most touched the walls of the canal, and had a result similar to manual files. On the other hand, it was the one that removed the most dentin. Although this may increase the risk of perforation, the qualitative analysis revealed no case of perforation or cracks when this system was used.

As a disadvantage of using these systems, its high cost can be cited, since it is necessary to invest in an engine, in addition to the high value of files, when compared to hand files. Also, in a recent study in India, the authors found that 66.7% of children

preferred hand files over the rotary system and 60% were scared on seeing it, which they attributed to the its resemblance to an airtor, that commonly provokes fear and anxiety in children (KRISHNA; SETTY; SRINIVASAN; MELWANI, 2019). However, besides the results observed in this study, the use of rotary and reciprocating files has several advantages already well established in the literature. A systematic review showed that the clinical and radiographic success of pulpectomy using mechanized systems is similar to the hand files technique, nevertheless, the postoperative pain and the procedure time were significantly shorter (MANCHANDA; SARDANA; YIU, 2019), which would justify its use in pediatric dentistry. The fact that the systems used in this study are single file systems is also a factor that decreases the risk of cross-infection and decreases the patient's chair time (GOVINDARAJU; JEEVANANDAN; EMG; VISHAWANATHAIAH, 2018; JEEVANANDAN; GOVINDARAJU, 2018; PANCHAL; JEEVANANDAN; SUBRAMANIAN, 2019).

## **Conclusions**

The use of rotary systems showed better biomechanical results, including a more conservative dentin removal and less iatrogenic errors such as cracks and perforations compared to instrumentation with manual files. No statistically difference was disclosed in accumulation of debris, presence of non-instrumented areas and removed dentin volume among the rotary files groups. However, XP Clean combined low percentage of non-instrumented areas with low level of debris accumulation.

## **Acknowledgements**

This study was supported in part by a scholarship from Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES), Finance Code 001 – and is part of the master's degree thesis of the first author. Also, our thanks to FAPERJ – Rio de Janeiro Research Foundation (Grants #E-26/203.185/2016).



## References

1. Barcelos R, Tannure PN, Gleiser R, Luiz RR, Primo LG. The influence of smear layer removal on primary tooth pulpectomy outcome: a 24-month, double-blind, randomized, and controlled clinical trial evaluation. *International journal of paediatric dentistry*. 2012;22(5):369-81.
2. Smail-Faugeron V, Courson F, Durieux P, Muller-Bolla M, Glenny A-M, Fron Chabouis H. Pulp treatment for extensive decay in primary teeth. *Cochrane Database Syst Rev*. 2014(8):CD003220-CD.
3. Musale PK, Mujawar SA. Evaluation of the efficacy of rotary vs. hand files in root canal preparation of primary teeth in vitro using CBCT. *European archives of paediatric dentistry : official journal of the European Academy of Paediatric Dentistry*. 2014;15(2):113-20.
4. Mehlawat R, Kapoor R, Gandhi K, Kumar D, Malhotra R, Ahuja S. Comparative evaluation of instrumentation timing and cleaning efficacy in extracted primary molars using manual and NiTi rotary technique - Invitro study. *Journal of oral biology and craniofacial research*. 2019;9(2):151-5.
5. Alnassar I, Alsafadi AS, Kouchaji C. Assessment of the apically extruded debris between a rotary system, a reciprocating system and hand files during the root canal instrumentation of the deciduous molars. *Dental and medical problems*. 2019;56(1):53-7.
6. Panchal V, Jeevanandan G, Subramanian E. Comparison of instrumentation time and obturation quality between hand K-file, H-files, and rotary Kedo-S in root canal treatment of primary teeth: A randomized controlled trial. *Journal of the Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry*. 2019;37(1):75-9.
7. Azim AA, Piasecki L, da Silva Neto UX, Cruz ATG, Azim KA. XP Shaper, A Novel Adaptive Core Rotary Instrument: Micro-computed Tomographic Analysis of Its Shaping Abilities. *Journal of endodontics*. 2017;43(9):1532-8.
8. Moraes RDR, Santos TMPD, Marceliano-Alves MF, Pintor AVB, Lopes RT, Primo LG, et al. Reciprocating instrumentation in a maxillary primary central incisor: A

protocol tested in a 3D printed prototype. *International journal of paediatric dentistry*. 2019;29(1):50-7.

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

10. Neves AA, Silva EJ, Roter JM, Belladonna FG, Alves HD, Lopes RT, et al. Exploiting the potential of free software to evaluate root canal biomechanical preparation outcomes through micro-CT images. *International endodontic journal*. 2015;48(11):1033-42.

11. Rueden CT, Schindelin J, Hiner MC, DeZonia BE, Walter AE, Arena ET, et al. ImageJ2: ImageJ for the next generation of scientific image data. *BMC Bioinformatics*. 2017;18(1):529-.

12. Jeevanandan G, Thomas E. Volumetric analysis of hand, reciprocating and rotary instrumentation techniques in primary molars using spiral computed tomography: An in vitro comparative study. *European journal of dentistry*. 2018;12(1):21-6.

13. 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. *Journal of dental research, dental clinics, dental prospects*. 2016;10(1):49-56.

14. Versiani MA, Carvalho KKT, Mazzi-Chaves JF, Sousa-Neto MD. Micro-computed Tomographic Evaluation of the Shaping Ability of XP-endo Shaper, iRaCe, and EdgeFile Systems in Long Oval-shaped Canals. *Journal of endodontics*. 2018;44(3):489-95.

15. Singh S, Abdul MSM, Sharma U, Sainudeen S, Jain C, Kalliath JT. An in vitro Comparative Evaluation of Volume of Removed Dentin, Canal Transportation, and Centering Ratio of 2Shape, WaveOne Gold, and ProTaper Gold Files Using Cone-Beam Computed Tomography. *J Int Soc Prev Community Dent*. 2019;9(5):481-5.

16. Aydın ZU, Keskin NB, Özyürek T, Geneci F, Ocak M, Çelik HH. Microcomputed Assessment of Transportation, Centering Ratio, Canal Area, and Volume Increase after Single-file Rotary and Reciprocating Glide Path Instrumentation in Curved Root Canals: A Laboratory Study. *Journal of endodontics*. 2019;45(6):791-6.
17. Selvakumar H, Kavitha S, Thomas E, Anadhan V, Vijayakumar R. Computed Tomographic Evaluation of K3 Rotary and Stainless Steel K File Instrumentation in Primary Teeth. *Journal of clinical and diagnostic research : JCDR*. 2016;10(1):ZC05-8.
18. Kaya E, Elbay M, Yigit D. Evaluation of the Self-Adjusting File system (SAF) for the instrumentation of primary molar root canals: a micro-computed tomographic study. *European journal of paediatric dentistry : official journal of European Academy of Paediatric Dentistry*. 2017;18(2):105-10.
19. Musale PK, Jain KR, Kothare SS. Comparative assessment of dentin removal following hand and rotary instrumentation in primary molars using cone-beam computed tomography. *Journal of the Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry*. 2019;37(1):80-6.
20. Poornima P, Disha P, Nagaveni NB, Roopa KB, Bharath KP, Neena IE. 'Volumetric analysis of hand and rotary root canal instrumentation and filling in primary teeth using Spiral Computed Tomography' - an invitro study. *International journal of paediatric dentistry*. 2016;26(3):193-8.
21. Esenturk G, Akkas E, Cubukcu E, Nagas E, Uyanik O, Cehreli ZC. A Micro-computed Tomographic Assessment of Root Canal Preparation with Different Rotary and Conventional Files in Primary and Young Permanent Teeth. *International journal of paediatric dentistry*. 2019.
22. Leoni GB, Versiani MA, Silva-Sousa YT, Bruniera JFB, Pécora JD, Sousa-Neto MD. Ex vivo evaluation of four final irrigation protocols on the removal of hard-tissue debris from the mesial root canal system of mandibular first molars. *International endodontic journal*. 2017;50(4):398-406.

23. Elnaghy AM, Mandorah A, Elsaka SE. Effectiveness of XP-endo Finisher, EndoActivator, and File agitation on debris and smear layer removal in curved root canals: a comparative study. *Odontology*. 2017;105(2):178-83.
24. Azim AA, Aksel H, Zhuang T, Mashtare T, Babu JP, Huang GTJ. Efficacy of 4 Irrigation Protocols in Killing Bacteria Colonized in Dentinal Tubules Examined by a Novel Confocal Laser Scanning Microscope Analysis. *Journal of endodontics*. 2016;42(6):928-34.
25. Subramaniam P, Girish Babu KL, Tabrez TA. Effectiveness of Rotary Endodontic Instruments on Smear Layer Removal in Root Canals of Primary Teeth: A Scanning Electron Microscopy Study. *The Journal of clinical pediatric dentistry*. 2016;40(2):141-6.
26. Pinheiro SL, Araujo G, Bincelli I, Cunha R, Bueno C. Evaluation of cleaning capacity and instrumentation time of manual, hybrid and rotary instrumentation techniques in primary molars. *International endodontic journal*. 2012;45(4):379-85.
27. 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. *Brazilian dental journal*. 2015;26(6):624-9.
28. Guimarães LS, Gomes CC, Marceliano-Alves MF, Cunha RS, Provenzano JC, Siqueira JF, Jr. Preparation of Oval-shaped Canals with TRUShape and Reciproc Systems: A Micro-Computed Tomography Study Using Contralateral Premolars. *Journal of endodontics*. 2017;43(6):1018-22.
29. Siqueira JF, Jr., Pérez 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. *International endodontic journal*. 2018;51(5):501-8.
30. Krishna DRM, Setty JV, Srinivasan I, Melwani A. Comparison between Rotary (Mtwo) and Manual (H-Files) Techniques for Instrumentation of Primary Teeth Root Canals. *Indian journal of dental research : official publication of Indian Society for Dental Research*. 2019;30(6):899-903.

31. Manchanda S, Sardana D, Yiu CK. A systematic review and meta-analysis of randomised clinical trials comparing rotary canal instrumentation techniques with manual instrumentation techniques in primary teeth. *International endodontic journal*. 2019.
32. Jeevanandan G, Govindaraju L. Clinical comparison of Kedo-S paediatric rotary files vs manual instrumentation for root canal preparation in primary molars: a double blinded randomised clinical trial. *European archives of paediatric dentistry : official journal of the European Academy of Paediatric Dentistry*. 2018;19(4):273-8.
33. Govindaraju L, Jeevanandan G, Emg S, Vishawanathaiah S. Assessment of Quality of Obturation, Instrumentation Time and Intensity of Pain with Pediatric Rotary File (Kedo-S) in Primary Anterior Teeth: A Randomized Controlled Clinical Trial. *International journal of clinical pediatric dentistry*. 2018;11(6):462-7.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de protótipos polimerizados impressos em impressora 3D de dentes decíduos se mostrou como uma ótima alternativa para a avaliação de parâmetros de instrumentação. O emprego desse tipo de material permitiu uma quantidade suficiente de amostras e uma padronização da anatomia interna do canal de um incisivo central superior decíduo, visto a dificuldade de se conseguir esses tipos de dentes para estudos laboratoriais.

As limas manuais proporcionaram uma maior remoção de dentina e um maior aumento no volume do canal quando comparado com os outros grupos, enquanto entre eles não houve diferença estatística nesses parâmetros. Sabe-se que a pouca espessura do dente decíduo, bem como suas características morfológicas e fisiológicas como a rizólise fazem dele um dente com maior propensão à erros iatrogênicos. Uma abordagem mais conservadora se faz necessária quando se segue uma filosofia de preservação da estrutura dental, e nesse sentido a utilização dos sistemas mecanizados parece seguir a filosofia de mínima intervenção e apresentar segurança para ser realizada nos dentes decíduos.

Apesar da ausência de diferenças estatisticamente significativas entre os grupos de instrumentação, destacamos o sistema XP Clean, que mostrou uma ótima performance na instrumentação combinado a uma baixa produção de debris e menos áreas não instrumentadas no interior do canal, sem causar trincas e perfurações. Certamente este sistema pode ser uma opção para a realização de pulpectomias em incisivos decíduos superiores. O fato de se tratar de um produto nacional melhora o seu custo-benefício nesta aplicação clínica.

A utilização de uma única lima para o preparo químico-mecânico torna o procedimento de pulpectomia muito mais rápido e diminui as chances de infecção cruzada. Em odontopediatria o tempo de cadeira é fundamental para um bom condicionamento da criança durante a consulta odontológica. Apesar de não termos avaliado tempo de instrumentação neste estudo, é bem consolidado na literatura que o uso de sistemas rotatórios diminui o tempo da consulta, o que pode tornar a experiência menos desagradável para a criança.

Os resultados apresentados na presente pesquisa são relevantes para o conhecimento e avanço da técnica de instrumentação de canais radiculares de dentes decíduos. Sobretudo, os dados obtidos servirão de base para cálculo amostral para outros estudos in vitro, que incluam um maior número de espécimes e ensaios clínicos, a fim de validar e aumentar a qualidade da evidência obtida experimentalmente.

## 6 CONCLUSÕES

- A instrumentação manual resultou em maior volume de dentina removido do interior do canal comparado aos sistemas rotatórios, com exceção do WaveOne GOLD.
- Não houve diferença estatística entre os grupos instrumentação rotatórias em todos os parâmetros avaliados (acúmulo de debris, % de áreas não instrumentadas e volume de dentina removido do interior do canal).
- A instrumentação com os sistemas rotatórios proporcionou um preparo mecânico mais conservador e com menos erros iatrogênicos (presença de trincas e perfurações radiculares) quando comparado àquele realizado pelas limas manuais.
- As limas do sistema XP Clean apresentaram uma ótima performance mecânica, combinando menor acúmulo de debris e maior aumento de contato com as paredes do canal radicular.



## REFERÊNCIAS

ALNASSAR, I.; ALSAFADI, A. S.; KOUCHAJI, C. Assessment of the apically extruded debris between a rotary system, a reciprocating system and hand files during the root canal instrumentation of the deciduous molars. **Dent Med Probl**, 56, n. 1, p. 53-57, Jan-Mar 2019.

ARAGÃO, A. C.; PINTOR, A. V. B.; MARCELIANO-ALVES, M.; PRIMO, L. G. *et al.* Root canal obturation materials and filling techniques for primary teeth: In vitro evaluation in polymer-based prototyped incisors. **International journal of paediatric dentistry**, p. 10.1111/ipd.12604, 2019.

AYDIN, Z. U.; KESKIN, N. B.; ÖZYÜREK, T.; GENEÇI, F. *et al.* Microcomputed Assessment of Transportation, Centering Ratio, Canal Area, and Volume Increase after Single-file Rotary and Reciprocating Glide Path Instrumentation in Curved Root Canals: A Laboratory Study. **Journal of endodontics**, 45, n. 6, p. 791-796, 2019.

AZAR, M. R.; MOKHTARE, M. Rotary Mtwo system versus manual K-file instruments: efficacy in preparing primary and permanent molar root canals. **Indian J Dent Res**, 22, n. 2, p. 363, Mar-Apr 2011.

AZIM, A. A.; AKSEL, H.; ZHUANG, T.; MASHTARE, T. *et al.* Efficacy of 4 Irrigation Protocols in Killing Bacteria Colonized in Dentinal Tubules Examined by a Novel Confocal Laser Scanning Microscope Analysis. **Journal of endodontics**, 42, n. 6, p. 928-934, 2016.

AZIM, A. A.; PIASECKI, L.; DA SILVA NETO, U. X.; CRUZ, A. T. G. *et al.* XP Shaper, A Novel Adaptive Core Rotary Instrument: Micro-computed Tomographic Analysis of Its Shaping Abilities. **Journal of endodontics**, 43, n. 9, p. 1532-1538, 2017.

BABASHAHI, E.; KARTALAIIE, M. M.; BASIR, L.; RAKHSHAN, V. Volumetric Assessment of Root Canal Obturation Using 3% Nano-Chitosan versus Zinc Oxide Eugenol (ZOE) and Iodoform-Calcium Hydroxide (Metapex), in Primary Root Canals Shaped with Rotary versus Manual Methods: A Preliminary In-Vitro Spiral CT Study. **Front Dent**, 16, n. 1, p. 45-54, Jan-Feb 2019.

BARCELOS, R.; TANNURE, P. N.; GLEISER, R.; LUIZ, R. R. *et al.* The influence of smear layer removal on primary tooth pulpectomy outcome: a 24-month, double-blind, randomized, and controlled clinical trial evaluation. **Int J Paediatr Dent**, 22, n. 5, p. 369-381, Sep 2012.

BARR, E. S.; KLEIER, D. J.; BARR, N. V. Use of nickel-titanium rotary files for root canal preparation in primary teeth. **Pediatric dentistry**, 22, n. 1, p. 77-78, Jan-Feb 2000.

BOLTE, S.; CORDELIÈRES, F. P. A guided tour into subcellular colocalization analysis in light microscopy. **Journal of microscopy**, 224, n. Pt 3, p. 213-232, 2006.

BORN, C. D.; JACKSON, T. H.; KOROLUK, L. D.; DIVARIS, K. Traumatic dental injuries in preschool-age children: Prevalence and risk factors. **Clinical and experimental dental research**, 5, n. 2, p. 151-159, 2019.

BUEHLER, W. J.; GILFRICH, J. V.; WILEY, R. C. Effect of Low-Temperature Phase Changes on the Mechanical Properties of Alloys near Composition TiNi. **Journal of Applied Physics**, 34, p. 1475-1477, May 01, 1963 1963.

DE-DEUS, G.; BELLADONNA, F. G.; DE SIQUEIRA ZUOLO, A.; PEREZ, R. *et al.* Micro-CT comparison of XP-endo Finisher and passive ultrasonic irrigation as final irrigation protocols on the removal of accumulated hard-tissue debris from oval shaped-canals. **Clinical oral investigations**, 23, n. 7, p. 3087-3093, 2019.

DE-DEUS, G.; BELLADONNA, F. G.; SILVA, E. J. N. L.; MARINS, J. R. *et al.* Micro-CT Evaluation of Non-instrumented Canal Areas with Different Enlargements Performed by NiTi Systems. **Brazilian dental journal**, 26, n. 6, p. 624-629, Nov-Dec 2015.

DE-DEUS, G.; BELLADONNA, F. G.; SIMÕES-CARVALHO, M.; CAVALCANTE, D. M. *et al.* Shaping efficiency as a function of time of a new heat-treated instrument. **International endodontic journal**, 52, n. 3, p. 337-342, 2019.

ELNAGHY, A. M.; MANDORAH, A.; ELSAKA, S. E. Effectiveness of XP-endo Finisher, EndoActivator, and File agitation on debris and smear layer removal in curved root canals: a comparative study. **Odontology**, 105, n. 2, p. 178-183, 2017.

ESENTURK, G.; AKKAS, E.; CUBUKCU, E.; NAGAS, E. *et al.* A Micro-computed Tomographic Assessment of Root Canal Preparation with Different Rotary and Conventional Files in Primary and Young Permanent Teeth. **Int J Paediatr Dent**, Oct 25 2019.

GOVINDARAJU, L.; JEEVANANDAN, G.; EMG, S.; VISHAWANATHAIAH, S. Assessment of Quality of Obturation, Instrumentation Time and Intensity of Pain with Pediatric Rotary File (Kedo-S) in Primary Anterior Teeth: A Randomized Controlled Clinical Trial. **Int J Clin Paediatr Dent**, 11, n. 6, p. 462-467, Nov-Dec 2018.

GRANDE, N. M.; AHMED, H. M.; COHEN, S.; BUKIET, F. *et al.* Current Assessment of Reciprocation in Endodontic Preparation: A Comprehensive Review-Part I: Historic Perspectives and Current Applications. **J Endod**, 41, n. 11, p. 1778-1783, Nov 2015.

GUIMARÃES, L. S.; GOMES, C. C.; MARCELIANO-ALVES, M. F.; CUNHA, R. S. *et al.* Preparation of Oval-shaped Canals with TRUShape and Reciproc Systems: A Micro-Computed Tomography Study Using Contralateral Premolars. **Journal of endodontics**, 43, n. 6, p. 1018-1022, 2017.

JEEVANANDAN, G.; GOVINDARAJU, L. Clinical comparison of Kedo-S paediatric rotary files vs manual instrumentation for root canal preparation in primary molars: a double blinded randomised clinical trial. **Eur Arch Paediatr Dent**, 19, n. 4, p. 273-278, Aug 2018.

JEEVANANDAN, G.; THOMAS, E. Volumetric analysis of hand, reciprocating and rotary instrumentation techniques in primary molars using spiral computed tomography: An in vitro comparative study. **Eur J Dent**, 12, n. 1, p. 21-26, Jan-Mar 2018.

KATGE, F.; PATIL, D.; POOJARI, M.; PIMPALE, J. *et al.* 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**, 32, n. 4, p. 311-316, Oct-Dec 2014.

KAYA, E.; ELBAY, M.; YIGIT, D. Evaluation of the Self-Adjusting File system (SAF) for the instrumentation of primary molar root canals: a micro-computed tomographic study. **Eur J Paediatr Dent**, 18, n. 2, p. 105-110, Jun 2017.

KRISHNA, D. R. M.; SETTY, J. V.; SRINIVASAN, I.; MELWANI, A. Comparison between Rotary (Mtwo) and Manual (H-Files) Techniques for Instrumentation of Primary Teeth Root

Canals. **Indian journal of dental research : official publication of Indian Society for Dental Research**, 30, n. 6, p. 899-903, Nov-Dec 2019.

KUCUKYILMAZ, E.; SAVAS, S.; SAYGILI, G.; UYSAL, B. Evaluation of Apically Extruded Debris and Irrigant Produced by Different Nickel-Titanium Instrument Systems in Primary Teeth. **J Contemp Dent Pract**, 16, n. 11, p. 864-868, Nov 1 2015.

LEONI, G. B.; VERSIANI, M. A.; SILVA-SOUSA, Y. T.; BRUNIERA, J. F. B. *et al.* Ex vivo evaluation of four final irrigation protocols on the removal of hard-tissue debris from the mesial root canal system of mandibular first molars. **International endodontic journal**, 50, n. 4, p. 398-406, 2017.

MADAN, N.; RATHNAM, A.; SHIGLI, A. L.; INDUSHEKAR, K. R. K-file vs ProFiles in cleaning capacity and instrumentation time in primary molar root canals: an in vitro study. **J Indian Soc Pedod Prev Dent**, 29, n. 1, p. 2-6, Jan-Mar 2011.

MAKAREM, A.; RAVANDEH, N.; EBRAHIMI, M. Radiographic assessment and chair time of rotary instruments in the pulpectomy of primary second molar teeth: a randomized controlled clinical trial. **J Dent Res Dent Clin Dent Prospects**, 8, n. 2, p. 84-89, Spring 2014.

MANCHANDA, S.; SARDANA, D.; YIU, C. K. A systematic review and meta-analysis of randomised clinical trials comparing rotary canal instrumentation techniques with manual instrumentation techniques in primary teeth. **Int Endod J**, Oct 6 2019.

MEHLAWAT, R.; KAPOOR, R.; GANDHI, K.; KUMAR, D. *et al.* Comparative evaluation of instrumentation timing and cleaning efficacy in extracted primary molars using manual and NiTi rotary technique - Invitro study. **J Oral Biol Craniofac Res**, 9, n. 2, p. 151-155, Apr-Jun 2019.

MORAES, R. D. R.; SANTOS, T. M. P. D.; MARCELIANO-ALVES, M. F.; PINTOR, A. V. B. *et al.* Reciprocating instrumentation in a maxillary primary central incisor: A protocol tested in a 3D printed prototype. **International journal of paediatric dentistry**, 29, n. 1, p. 50-57, 2019.

MUSALE, P. K.; JAIN, K. R.; KOTHARE, S. S. Comparative assessment of dentin removal following hand and rotary instrumentation in primary molars using cone-beam computed tomography. **J Indian Soc Pedod Prev Dent**, 37, n. 1, p. 80-86, Jan-Mar 2019.

MUSALE, P. K.; MUJAWAR, S. A. Evaluation of the efficacy of rotary vs. hand files in root canal preparation of primary teeth in vitro using CBCT. **Eur Arch Paediatr Dent**, 15, n. 2, p. 113-120, Apr 2014.

NAZARI MOGHADDAM, K.; MEHRAN, M.; FARAJIAN ZADEH, H. Root canal cleaning efficacy of rotary and hand files instrumentation in primary molars. **Iran Endod J**, 4, n. 2, p. 53-57, Spring 2009.

NEVES, A. A.; SILVA, E. J.; ROTER, J. M.; BELLADONA, F. G. *et al.* Exploiting the potential of free software to evaluate root canal biomechanical preparation outcomes through micro-CT images. **International endodontic journal**, 48, n. 11, p. 1033-1042, 2015.

OCHOA-ROMERO, T.; MENDEZ-GONZALEZ, V.; FLORES-REYES, H.; POZOS-GUILLEN, A. J. Comparison between rotary and manual techniques on duration of

instrumentation and obturation times in primary teeth. **J Clin Pediatr Dent**, 35, n. 4, p. 359-363, Summer 2011.

PANCHAL, V.; JEEVANANDAN, G.; SUBRAMANIAN, E. Comparison of instrumentation time and obturation quality between hand K-file, H-files, and rotary Kedo-S in root canal treatment of primary teeth: A randomized controlled trial. **J Indian Soc Pedod Prev Dent**, 37, n. 1, p. 75-79, Jan-Mar 2019.

PATHAK, S. *In vitro* comparison of K-file, Mtwo, and WaveOne in cleaning efficacy and instrumentation time in primary molars. **CHRISMED Journal of Health and Research**, 3, n. 1, p. 60-64, January 1, 2016 2016. Original Article.

PETERS, O. A.; SCHÖNENBERGER, K.; LAIB, A. Effects of four Ni-Ti preparation techniques on root canal geometry assessed by micro computed tomography. **International endodontic journal**, 34, n. 3, p. 221-230, 2001.

PETTINETTE, M. T.; METZGER, Z.; PHILLIPS, C.; TROPE, M. Endodontic complications of root canal therapy performed by dental students with stainless-steel K-files and nickel-titanium hand files. **Journal of endodontics**, 25, n. 4, p. 230-234, 1999.

PINHEIRO, S. L.; ARAUJO, G.; BINCELLI, I.; CUNHA, R. *et al.* Evaluation of cleaning capacity and instrumentation time of manual, hybrid and rotary instrumentation techniques in primary molars. **Int Endod J**, 45, n. 4, p. 379-385, Apr 2012.

POORNIMA, P.; DISHA, P.; NAGAVENI, N. B.; ROOPA, K. B. *et al.* 'Volumetric analysis of hand and rotary root canal instrumentation and filling in primary teeth using Spiral Computed Tomography' - an invitro study. **Int J Paediatr Dent**, 26, n. 3, p. 193-198, May 2016.

PUGLIESI, D. M. C.; CUNHA, R. F.; DELBEM, A. C. B.; SUNDEFELD, M. L. M. M. Influence of the type of dental trauma on the pulp vitality and the time elapsed until treatment: a study in patients aged 0-3 years. **Dental traumatology : official publication of International Association for Dental Traumatology**, 20, n. 3, p. 139-142, 2004.

RAMAZANI, N.; MOHAMMADI, A.; AMIRABADI, F.; RAMAZANI, M. *et al.* In vitro investigation of the cleaning efficacy, shaping ability, preparation time and file deformation of continuous rotary, reciprocating rotary and manual instrumentations in primary molars. **J Dent Res Dent Clin Dent Prospects**, 10, n. 1, p. 49-56, Winter 2016.

RAMEZANALI, F.; AFKHAMI, F.; SOLEIMANI, A.; KHARRAZIFARD, M. J. *et al.* Comparison of Cleaning Efficacy and Instrumentation Time in Primary Molars: Mtwo Rotary Instruments vs. Hand K-Files. **Iran Endod J**, 10, n. 4, p. 240-243, Fall 2015.

RUEDEN, C. T.; SCHINDELIN, J.; HINER, M. C.; DEZONIA, B. E. *et al.* ImageJ2: ImageJ for the next generation of scientific image data. **BMC bioinformatics**, 18, n. 1, p. 529-529, 2017.

SELVAKUMAR, H.; KAVITHA, S.; THOMAS, E.; ANADHAN, V. *et al.* Computed Tomographic Evaluation of K3 Rotary and Stainless Steel K File Instrumentation in Primary Teeth. **J Clin Diagn Res**, 10, n. 1, p. ZC05-08, Jan 2016.

SILVA, L. A.; LEONARDO, M. R.; NELSON-FILHO, P.; TANOMARU, J. M. Comparison of rotary and manual instrumentation techniques on cleaning capacity and instrumentation time in deciduous molars. **J Dent Child (Chic)**, 71, n. 1, p. 45-47, Jan-Apr 2004.

SINGH, S.; ABDUL, M. S. M.; SHARMA, U.; SAINUDEEN, S. *et al.* An in vitro Comparative Evaluation of Volume of Removed Dentin, Canal Transportation, and Centering Ratio of 2Shape, WaveOne Gold, and ProTaper Gold Files Using Cone-Beam Computed Tomography. **Journal of International Society of Preventive & Community Dentistry**, 9, n. 5, p. 481-485, 2019.

SIQUEIRA, J. F., Jr.; PÉREZ, A. R.; MARCELIANO-ALVES, M. F.; PROVENZANO, J. C. *et al.* What happens to unprepared root canal walls: a correlative analysis using micro-computed tomography and histology/scanning electron microscopy. **International endodontic journal**, 51, n. 5, p. 501-508, 2018.

SMAÏL-FAUGERON, V.; COURSON, F.; DURIEUX, P.; MULLER-BOLLA, M. *et al.* Pulp treatment for extensive decay in primary teeth. **The Cochrane database of systematic reviews**, n. 8, p. CD003220-CD003220, 2014.

SUBRAMANIAM, P.; GIRISH BABU, K. L.; TABREZ, T. A. Effectiveness of Rotary Endodontic Instruments on Smear Layer Removal in Root Canals of Primary Teeth: A Scanning Electron Microscopy Study. **J Clin Pediatr Dent**, 40, n. 2, p. 141-146, 2016.

TANNURE, P. N.; AZEVEDO, C. P.; BARCELOS, R.; GLEISER, R. *et al.* Long-term outcomes of primary tooth pulpectomy with and without smear layer removal: a randomized split-mouth clinical trial. **Pediatr Dent**, 33, n. 4, p. 316-320, Jul-Aug 2011.

TOPCUOGLU, G.; TOPCUOGLU, H. S.; AKPEK, F. Evaluation of apically extruded debris during root canal preparation in primary molar teeth using three different rotary systems and hand files. **Int J Paediatr Dent**, 26, n. 5, p. 357-363, Sep 2016.

TOPCUOGLU, G.; TOPCUOGLU, H. S.; DELIKAN, E.; AYDINBELGE, M. *et al.* Postoperative Pain After Root Canal Preparation with Hand and Rotary Files in Primary Molar Teeth. **Pediatr Dent**, 39, n. 3, p. 192-196, May 15 2017.

VARELA-PATIÑO, P.; IBAÑEZ-PÁRRAGA, A.; RIVAS-MUNDIÑA, B.; CANTATORE, G. *et al.* Alternating versus continuous rotation: a comparative study of the effect on instrument life. **Journal of endodontics**, 36, n. 1, p. 157-159, 2010.

VAZ-GARCIA, E. S.; VIEIRA, V. T. L.; PETITET, N. P. d. S. F.; MOREIRA, E. J. L. *et al.* Mechanical Properties of Anatomic Finishing Files: XP-Endo Finisher and XP-Clean. **Brazilian dental journal**, 29, n. 2, p. 208-213, Apr-Jun 2018.

VELOZO, C.; ALBUQUERQUE, D. Microcomputed Tomography Studies of the Effectiveness of XP-endo Shaper in Root Canal Preparation: A Review of the Literature. **TheScientificWorldJournal**, 2019, p. 3570870-3570870, 2019.

VERSIANI, M. A.; CARVALHO, K. K. T.; MAZZI-CHAVES, J. F.; SOUSA-NETO, M. D. Micro-computed Tomographic Evaluation of the Shaping Ability of XP-endo Shaper, iRaCe, and EdgeFile Systems in Long Oval-shaped Canals. **Journal of endodontics**, 44, n. 3, p. 489-495, 2018.

WEBBER, J. Shaping canals with confidence: WaveOne GOLD single-file reciprocating system. **roots**, 01, p. 34-40, 2015.

YARED, G. Canal preparation using only one Ni-Ti rotary instrument: preliminary observations. **Int Endod J**, 41, n. 4, p. 339-344, Apr 2008.