

**UNIVERSIDADE DO GRANDE RIO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA**

**ANÁLISE MICROTOMOGRÁFICA DA LINHA DE CIMENTAÇÃO DO
SISTEMA DE PINOS SPLENDOR SAP E DOS PINOS DE FIBRA
MODELADOS COM RESINA COMPOSTA**

DISSERTAÇÃO

RAFAEL MARTINS RODRIGUES

2022

UNIVERSIDADE DO GRANDE RIO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA

ANÁLISE MICROTOMOGRÁFICA DA LINHA DE CIMENTAÇÃO DO
SISTEMA DE PINOS SPLENDOR SAP E DOS PINOS DE FIBRA
MODELADOS COM RESINA COMPOSTA

RAFAEL MARTINS RODRIGUES

Dissetação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia, da Universidade do Grande Rio (UNIGRANRIO), como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Mestre em Odontologia (Área de Concentração: Clínica Odontológica).

Orientador(a):

Profa. Dra. Sabrina de Castro Brasil
Profa. Dra. Isabela das Neves Rôças Siqueira

2022

ANÁLISE MICROTOMOGRÁFICA DA LINHA DE CIMENTAÇÃO DO
SISTEMA DE PINOS SPLENDOR SAP E DOS PINOS DE FIBRA
MODELADOS COM RESINA COMPOSTA

RAFAEL MARTINS RODRIGUES

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia, da Universidade do Grande Rio (UNIGRANRIO), como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Mestre em Odontologia (Área de Concentração: Clínica Odontológica).

Aprovada em 10 de outubro de 2022

Banca examinadora

Prof(a). Dr(a). Sabrina de Castro Brasil
Universidade do Grande Rio

Profa. Dr(a). Isabela das Neves Rôças Siqueira
Universidade do Grande Rio

Prof(a). Dr(a). Cristine da Silva Furtado Amaral
Universidade do Grande Rio

Prof(a). Dr(a). Renata Perez Vianna
Prof. Colaboradora Universidade do Grande Rio

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família e amigos
que me ofereceram todo o suporte e carinho durante esta
jornada.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por tudo.

À minha família por todo apoio, carinho e amor incondicionáveis todos os dias da minha vida.

À querida amiga e orientadora Sabrina Castro Brasil por ter me acolhido e estendido a mão nos momentos mais difíceis. Serei eternamente grato por todos os ensinamentos, conselhos e oportunidades. Obrigado por ter acreditado e confiado em mim.

Aos professores José Freitas Siqueira Júnior e Isabela das Neves Rôças Siqueira por todo suporte a mim concebido. Sempre disponíveis e generosos ao compartilharem tanto conhecimento.

Aos mestres que aceitaram compor a banca examinadora.

Aos meus colegas de docência que me ajudaram e apoiaram incondicionalmente nas minhas necessárias ausências.

Aos vários outros amigos que estiveram por perto mesmo quando eu estava longe.

Muito obrigado!

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO E REVISÃO DE LITERATURA	01
2. JUSTIFICATIVA	13
3. OBJETIVO(S)	14
4. MATERIAIS E MÉTODOS	15
5. RESULTADOS	25
6. DISCUSSÃO	29
7. CONCLUSÃO	32
8.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33
9. ANEXO(S)	40

RESUMO

Objetivo(s). Comparar por meio da microtomografia computadorizada a linha de cimentação dos pinos de fibra de vidro modelados com resina composta e os pinos do sistema Splendor SAP. **Materiais e Métodos.** Quarenta caninos superiores endodonticamente tratados foram divididos em 4 grupos de acordo com o tipo de pino de fibra e cimento utilizados; pino de fibra de vidro modelado com resina composta e cimentado com cimento resinoso U200 (W); pino de fibra de vidro modelado com resina composta e cimentado com cimento resinoso Multilink Speed (WPML); pino de fibra de vidro do sistema Splendor SAP cimentado com cimento resinoso U200 (S); pino de fibra de vidro do sistema Splendor SAP cimentado com cimento resinoso Multilink Speed (SML). Imagens em 3D de todas as amostras foram obtidas através de microtomografia computadorizada (μ CT), reconstruídas através do *software* NRecon v1.6.9.18 e submetidas a análise quantitativa da espessura da linha de cimento através do *software* ImageJ Fiji v.1.53c. **Resultados.** Os grupos W e WPML apresentaram um menor volume de linha de cimentação ($p=0,00$). **Conclusão.** A personalização dos pinos de vidro com resina composta reduziu a espessura da linha de cimentação quando comparadas ao sistema Splendor SAP.

Palavras-chave: Microtomografia computadorizada; Pinos de fibra de vidro; Splendor SAP

ABSTRACT

Aim(s). The purpose of this study was to compare, using microcomputed tomography, the cementing layer of the fiberglass posts relined with composite resin and the Splendor SAP posts. **Materials and Methods.** Forty endodontically treated maxillary canines were divided into 4 groups according to the type of fiber post and cement used; fiberglass post relined with composite resin and cemented with resin cement U200 (W); fiberglass post relined with composite resin and cemented with Multilink Speed resin cement (WPML); Splendor SAP post cemented with U200 resin cement (S); Splendor SAP post cemented with Multilink Speed (SML) resin cement. 3D images of all samples were obtained by microcomputed tomography (μ CT), reconstructed using NRecon v1.6.9.18 software and subjected to quantitative cement layer thickness analysis using ImageJ Fiji v.1.53c software. **Results.** The W and WPML groups presented a lower cement layer volume ($p=0,00$). **Conclusion(s).** Customizing the fiber glass posts with composite resin reduced the cement layer thickness.

Keywords: Fiber glass post; Microcomputed tomography; Splendor SAP

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Padronização do comprimento da análise no <i>software Image J</i>	22
Figura 2.	Segmentação do espaço pulpar, dentina, pino e cimento no <i>software ImageJ Fiji</i>	22
Figura 3.	Análise morfométrica com segmentação do espaço pulpar e pino e luva	23
Figura 4.	Análise volumétrica do espaço pulpar e pino e resina modelada	23
Figura 5.	Utilização do <i>plug in thickness do Bone J</i> . A maior espessura de linha de cimento pode ser observada pela cor branca	24
Figura 6.	Utilização do <i>plug in thickness do Bone J</i> para avaliação da linha de cimentação. A maior espessura de linha de cimento pode ser observada pela cor branca	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Valores de média e DP dos volumes dos canais e do volume pino, resina e luva	26
Tabela 2.	Valores da espessura da linha de cimento em mm	28

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1.	Representação dos valores de volume dos pinos com resina e luva em mm ³	26
Gráfico 2.	Representação dos valores da espessura da linha de cimento em mm entre os grupos	28

LISTA DE ABREVIATURAS, SÍMBOLOS E SIGLAS

CT Comprimento de trabalho

μ CT Microtomografia computadorizada

SAP Single adjustable post

1. INTRODUÇÃO E REVISÃO DE LITERATURA

1.1 INTRODUÇÃO

A restauração de dentes com significativa perda de estrutura dentária coronal e/ou radicular é um desafio. É comum que estes elementos amplamente destruídos necessitem de tratamento endodôntico e, portanto, a instalação de retentores intrarradiculares é habitualmente realizada para criar a retenção necessária para o núcleo e restauração (SCHWARTZ e FRANSMAN, 2005). Há um consenso de que os pinos não fortalecem os dentes fragilizados e são necessários apenas em casos de extrema perda estrutural (SIVERS e JOHNSON, 1992).

O insucesso dos dentes tratados endodonticamente pode estar relacionado a fatores periodontais, protéticos e endodônticos (VIRE, 1991). Uma das causas de insucesso do tratamento de canal é a ausência de uma restauração adequada que iniba a microinfiltração, podendo levar ao surgimento ou manutenção de uma lesão periapical (RAY e TROPE, 1995; RICUCCI et al, 2000). Muita atenção tem sido dada aos procedimentos realizados após o tratamento do canal radicular. Tais procedimentos, quando falhos, podem permitir a passagem de microrganismos no ápice radicular e osso alveolar. Assim sendo, a literatura sugere que após a conclusão da terapia endodôntica, o selamento do canal radicular minimiza o risco

de infiltração de saliva e bactérias nas áreas perirradiculares, melhorando o prognóstico dos dentes tratados endodonticamente (HELING et al, 2002).

A seleção de pinos estéticos, particularmente os reforçados por fibra de vidro, é cada vez mais frequente (CLAVIJO et al, 2009). Por serem mais estéticos, não apresentarem corrosão, além de reduzirem o tempo de trabalho, possibilitam uma maior preservação da estrutura dentária remanescente e, quando fraturam, geralmente apresentam um padrão que não condenam o dente à exodontia (CLAVIJO et al, 2009; MUNIZ et al, 2010; CLAVIJO et al, 2011). Por apresentarem capacidade adesiva e um módulo de elasticidade muito semelhante ao da dentina, os pinos de fibra de vidro, juntamente com o cimento resinoso e o núcleo em resina composta formam uma estrutura homogênea com características e comportamento mecânico semelhantes aos da dentina radicular. As tensões provocadas pelas forças mastigatórias são portanto, transmitidas para as paredes radiculares de forma atenuada, minimizando a probabilidade de fraturas (SOCTTI e FERRI, 2003; ASMISSEN et al, 2005).

Em muitas situações, a morfologia do canal após o tratamento endodôntico não permitirá a adaptação perfeita do retentor às paredes circundantes. Nestas ocasiões há um espaço muito grande a ser preenchido apenas pelo cimento resinoso, sendo comum o surgimento de falhas, principalmente em relação ao deslocamento do pino (CLAVIJO et al, 2009). Nestes casos, para obter-se um

melhor resultado, pode ser adotada a técnica de reembasamento do pino de fibra de vidro com resina composta fotopolimerizável. Dessa forma, o pino passa a ficar mais adaptado à anatomia do canal radicular sem a necessidade de aumentar a linha de cimentação ou desgastar a estrutura dentinária remanescente. Essa técnica do pino anatômico de fibra de vidro passou a ser uma excelente opção na reabilitação de dentes tratados endodonticamente que possuam canais muito amplos (SOCTTI e FERRI, 2003; GRANDINI et al, 2003).

Com o intuito de alcançar melhor adaptação na região cervical e simplificar a técnica do pino anatômico foi desenvolvido um pino chamado Splendor - Single Adjustable Post (SAP, Angelus, Londrina, Brasil). O sistema é composto por um pino universal e uma luva ajustável. O conjunto se caracteriza por ser universal, pois possui um tamanho único de pino para qualquer diâmetro de conduto; anatômico pois a luva se ajusta ao formato do conduto; retentivo ao aumentar o imbricamento mecânico e conservador ao evitar desgaste de retenções no interior do canal radicular (CLAVIJO et al, 2019).

Dessa forma, o presente trabalho se propõe a analisar o volume da união pino e cimento, e a espessura da linha de cimentação dos pinos de fibra Splendor e dos pinos de fibra anatômicos.

1.2 REVISÃO DE LITERATURA

1.2.1 Retentores intra-radiculares

Múltiplas são as situações que podem levar a um grande comprometimento da estrutura dental. Lesões cariosas, fraturas decorrentes de traumas e a necessidade de substituição de restaurações deficientes muitas vezes exigem o tratamento endodôntico do elemento dentário. Quando há o tratamento de canal, a eventual remoção de esmalte e dentina coronária inerente ao acesso radicular e a redução de dentina intrarradicular durante o preparo químico-mecânico dos sistemas de canais diminuem ainda mais a resistência do dente em questão (Sivers & Johnson, 1992). Além da perda estrutural, um outro fator corrobora a ideia de que os dentes tratados endodonticamente são mais enfraquecidos: a desidratação dentinária em função da perda de irrigação sanguínea (Assif & Gorfil, 1994). A reabilitação destes elementos dentários com tratamento endodôntico deve ser guiada pela quantidade de estrutura remanescente. Quando há perdas estruturais superiores a 50% da estrutura remanescente e/ou remoção das cristais marginais é aconselhada a instalação de um retentor intrarradicular (Conceição et al, 2005). A principal função dos pinos intrarradiculares é garantir a retenção e estabilidade do núcleo e restauração protética, assegurando uma melhor distribuição das tensões impostas pela força mastigatória (Fradeani et al, 1999).

Podemos dividir os retentores intrarradiculares em dois grandes grupos: os fundidos e os pré-fabricados. O núcleo metálico fundido até a década de 80 era considerado o melhor retentor mas suas inúmeras desvantagens estimularam o desenvolvimento de alternativas pré-fabricadas e livres de metal. Dentre as características indesejáveis dos núcleos metálicos destacam-se a possibilidade de corrosão, estética deficiente, necessidade de um maior desgaste do remanescente, módulo de elasticidade muito superior ao da dentina radicular, longo tempo de trabalho e custos laboratoriais (MORGANO, 1996; CHEUNG, 2005). Os pinos pré-fabricados podem ser metálicos ou livres de metal e apresentam diversos tamanhos e formatos. Estão disponíveis pinos paralelos, cônicos e paralelos com a extremidade cônica.

Alternativamente aos metálicos, há os pinos reforçados por fibras de carbono, quartzo e vidro. Os pinos pré-fabricados surgiram com o principal objetivo de reduzir o tempo de trabalho, os custos laboratoriais e preservar o remanescente dentinário (Akkayan & Gülmez, 2002). Sob o ponto de vista mecânico, os pinos pré-fabricados reforçados por fibra possuem um menor módulo de elasticidade do que os pinos metálicos e, assim, apresentam um comportamento elástico mais semelhante ao da dentina. Consequentemente, distribuem as tensões oriundas das forças mastigatórias de forma mais uniforme ao longo da raiz. Atualmente, dentre os pinos reforçados por fibra, os de quartzo e vidro são os mais utilizados pois apresentam

maior translucidez e se assemelham mais à estrutura dental. São, portanto, mais estéticos que os de fibra de carbono (MUNIZ et al, 2010). Hoje, os pinos de fibra de vidro são os mais utilizados e merecem destaque pelas seguintes características: não sofrem corrosão, podem ser instalados em uma única sessão, são compatíveis com sistemas adesivos, são estéticos, preservam mais a estrutura remanescente e mecanicamente minimizam o risco de fraturas radiculares desfavoráveis (CLAVIJO et al, 2009; CLAVIJO et al, 2010; MUNIZ et al, 2010).

Quando os pinos de fibra de vidro começaram a ser utilizados, confiava-se na eficácia dos cimentos resinosos em preencher os espaços entre o pino e a dentina radicular. No entanto, muitas falhas foram relatadas, com destaque para as relacionadas ao deslocamento do retentor. Alguns fatores são determinantes nesse tipo de falha como a baixa adesão às paredes radiculares, a sensibilidade inerente à técnica adesiva, a baixa resistência coesiva e a alta contração de polimerização dos cimentos resinosos (Bouillaguet et al, 2003). Dessa forma, tornava-se necessário ajustar o pino de fibra de vidro ao conduto radicular sem a necessidade de aumentar a espessura do cimento ou desgastar ainda mais a dentina remanescente (Soctti & Ferri, 2003). Atualmente, nas situações clínicas onde a anatomia radicular após a conclusão do tratamento endodôntico não permite uma plena adaptação do pino às paredes do conduto, opta-se pelo reembasamento deste retentor com resina composta. O conjunto formado pelo pino de fibra e pela resina composta chama-se

pino de fibra anatômico. O pino anatômico passa a estar mais justaposto às paredes do canal e necessita de uma linha de cimentação mais fina, minimizando ocorrência de falhas (Grandini et al, 2003).

1.2.2 Microinfiltração e o sucesso do tratamento endodôntico

Atualmente, muito valor tem sido dado aos procedimentos restauradores após a conclusão do tratamento de canal radicular e seu impacto no prognóstico da terapia endodôntica. Quando mal executados, podem propiciar a passagem de microorganismos e seus respectivos subprodutos na porção mais apical da raiz e no osso alveolar. Isso significa que a saúde perirradicular é significativamente mais dependente de um bom selamento coronário do que da qualidade técnica do tratamento endodôntico (RAY & TROPE, 2005).

Heling *et al* (2002), realizaram uma revisão de literatura onde analisaram a influência da microinfiltração de saliva no prognóstico dos dentes após o tratamento de canal. Eles analisaram a microinfiltração após o preparo do conduto para instalação do retentor intra-radicular, após a cimentação do pino, durante a permanência com uma restauração provisória e após a conclusão do tratamento restaurador definitivo.

Recomenda-se que após o preparo do conduto o mesmo seja desinfectado antes da cimentação do retentor. Para tal, pode ser escolhida a mesma solução irrigadora utilizada na instrumentação do sistema de canais radiculares. O

isolamento absoluto com dique de borracha deve ser utilizado sempre que possível (FAN et al, 1999).

Durante o preparo do conduto para a instalação do retentor, quanto maior for a quantidade de guta-percha remanescente, maior será a capacidade de selamento apical (WU et al, 1998). Pelo menos 3mm de guta deveriam ser preservados e que o ideal seria a manutenção de 6mm de selamento (DeCleen, 1993).

A capacidade seladora de quatro materiais utilizados para preenchimento de cavidades após o tratamento endodôntico foi avaliada. Durante o período em que foram analisados (intervalos de 1 dia, 1 semana e 1 mês) os autores concluíram que as resinas adesivas possuem uma capacidade de selamento significativamente maior que o IRM (cimento à base de óxido de zinco e eugenol). Os cimentos à base de óxido de zinco e eugenol são os comumente utilizados como restauradores provisórios enquanto o tratamento restaurador definitivo não é concluído (BELLI et al, 2001).

Uranga *et al* (1999) descobriram que há significativamente mais microinfiltração após a colocação de uma restauração provisória do que após a colocação de um material restaurador permanente para selar as cavidades de acesso. Eles sugeriram a utilização de materiais restauradores permanentes para restaurações provisórias para minimizar o risco de infiltração de saliva.

O tratamento endodôntico só pode ser considerado finalizado após a restauração definitiva da cavidade de acesso, sendo de suma importância que essa restauração seja concluída imediatamente após o tratamento de canal (Scwartz & Fransman, 2005).

Levando em consideração a capacidade de penetração das bactérias e suas endotoxinas, sugere-se que canais expostos à cavidade oral por mais de 2-3 meses devem ser submetidos ao retratamento endodôntico (MAGURA et al, 1991).

Materiais a base de resina fotopolimerizável são menos solúveis e possuem baixa absorção e, por isso, minimizam a possibilidade de infiltração de saliva na região perirradicular, melhorando o prognóstico dos dentes tratados endodonticamente (FERRACANE, 2005).

1.2.3 A relevância da linha de cimentação

A perda de retenção é a falha clínica mais comum nas restaurações retidas por pinos (Hatzikyriakos et al, 1992).

Coniglio et al, 2011 correlacionaram a retenção do pino com a espessura da camada de cimento. Uma vez que o canal radicular apresenta variações anatômicas, a discrepância entre a forma do pino e do canal radicular resultará em uma variação na espessura da camada de cimento (Cheleux, 2008; Paqué et al, 2010). Pesquisas

anteriores avaliaram o efeito de diferentes espessuras de cimento sobre a capacidade adesiva de pinos de fibra mas nenhum consenso foi alcançado sobre a espessura ideal do cimento resinoso (D'Arcangelo et al, 2007; Coniglio et al. 2011).

A utilização de adesivos no interior dos canais radiculares requer protocolos tecnicamente muito sensíveis. O uso de cimentos resinosos autoadesivos simplifica o procedimento de cimentação e aumenta a força retentiva (Yoshida et al. 2004). Durante a aplicação de adesivos e cimentos resinosos, podem ocorrer condições desfavoráveis como bolhas e *gaps* na interface do cimento (Grandini et al. 2005, Cagidiaco et al. 2007, Naumann et al. 2008). As bolhas no interior da camada de cimento podem contribuir para a descolagem, não apenas diminuindo a área de adesão por contato entre o cimento e a dentina, mas também prejudicando a resistência do cimento e formando locais de iniciação de trincas. Grandini et al (2005) relataram intensa formação de bolhas no interior de camadas espessas de cimento, especialmente no nível coronal do pino de fibra, aumentando assim a tendência de deslocamento do mesmo. Por outro lado, a formação de bolhas é menos provável em uma camada fina e uniforme de cimento (NAZARI et al, 2013).

Segundo Boschian Pest et al (2002) o método de espatulação/inserção do cimento resinoso tem maior influência nas formações de bolhas e *gaps* do que o modo de polimerização do cimento resinoso. UZUN et al (2016) em seu estudo utilizaram cimentos resinosos duais e autopolimerizáveis. De acordo com seus

resultados, o modo de cura não teve efeito determinante na formação de *gaps* ou na resistência de união por *push-out*. Conforme o esperado, foi obtido um menor número de *gaps* pela técnica de injeção, independentemente do tipo de resina usada.

1.2.4 Importância da microtomografia computadorizada (μ TC)

A microtomografia computadorizada (μ TC) é uma tecnologia recente que usa raios X para obter imagens transversais de um objeto, com tamanhos de pixel em uma escala micrométrica. Essas imagens transversais podem ser usadas posteriormente para criar um modelo tridimensional do objeto. A μ TC ganhou relevância como uma ferramenta não invasiva na pesquisa odontológica, pois permite a análise das amostra sem destruí-las. Esse método tem sido usado para a avaliação de fatores como morfologia e obturação do canal radicular, desenvolvimento ósseo, tecido ósseo peri-implantar, espessura do esmalte, composição mineral do dente e infiltração marginal na interface restauração/dente (UNSAL & TOPUZ, 2014; EDEN et al, 2008). A μ TC também pode ser usada para medir o volume de bolhas e *gaps* em um dente com canal radicular obturado, preservando a integridade da amostra já que nenhum corte é necessário. Também permite a reconstrução e avaliação volumétrica das estruturas interna e externa, completa ou separadamente,

superando as limitações dos métodos convencionais (SWAIN & XUE, 2009; KELES et al, 2014).

Através da μ TC, CACERES et al (2017) concluíram que a anatomização dos pinos de fibra com resina composta foi mais relevante na redução da formação de bolhas e gaps do que a utilização de instrumentos ultrassônicos durante cimentação resinosa.

UZUN et al (2016) analisaram a formação de bolhas e gaps em diferentes regiões dos elementos dentários, buscando uma correlação com a resistência adesiva ao *push-out*. Os autores observaram por meio da microtomografia computadorizada que, de forma geral, todos os cimentos testados apresentaram uma bolhas e gaps e a incidência das mesmas foi maior no sentido apical-coronal. Não foi possível estabelecer uma correlação direta entre a região do pino e a resistência ao *push-out*.

2. JUSTIFICATIVA

Dentes submetidos a tratamento endodôntico geralmente apresentam grande perda de estrutura dentária e, em alguns casos, requerem a utilização de restaurações indiretas para o restabelecimento estético e funcional. A ausência da restauração definitiva ou restaurações deficientes propiciam a microinfiltração coronária que, por sua vez, tem demonstrado ser uma das principais causas do insucesso do tratamento endodôntico. A necessidade de preparo intra-radicular para restaurações com instalação de retentor protético pode impactar o processo de microinfiltração pela menor quantidade de material obturador e maior tempo para os procedimentos de moldagem e confecção protética.

Neste sentido, torna-se relevante avaliar o comportamento da linha de cimentação em dentes tratados endodonticamente, e comparar, através da análise microtomográfica, o sistema de pinos Splendor SAP e os pinos anatômicos.

3. OBJETIVO

Avaliar, através de μ TC, a linha de cimentação do sistema de pinos Splendor SAP e dos pinos de fibra modelados com resina composta.

3.1 Objetivos específicos

- analisar o volume da cavidade pulpar e o volume dos espaços ocupados pelos pinos anatômicos e Splendor SAP em todos os grupos;
- comparar o volume da cavidade pulpar e o volume dos espaços ocupados pelos pinos anatômicos e Splendor SAP entre os diferentes grupos.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Seleção da amostra

Para a realização deste estudo, foram obtidos quarenta caninos superiores, cedidos pelo Biobanco da Universidade do Grande Rio - Professor José de Souza Herdy (Duque de Caxias, Rio de Janeiro). A amostra incluiu apenas dentes com rizogênese completa, unirradiculares (classificação de Vertucci I) e sem ramificações acessórias. Tais critérios foram avaliados através de radiografia periapical e confirmados através de μ CT.

4.2 Tratamento endodôntico

O preparo químico-mecânico do canal radicular foi realizado com o sistema de instrumentação mecanizada recíprocante Reciproc® (VDW, Munique, Baviera, Alemanha). O comprimento de patência do canal foi determinado utilizando uma lima manual de aço inoxidável tipo K #10 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça). O comprimento de trabalho foi determinado subtraindo-se 1 mm do comprimento de patência. A instrumentação do canal foi então realizada utilizando-se um único instrumento R50 (0,50mm de calibre apical e conicidade de 6%), do sistema Reciproc®, seguindo orientações do fabricante e as configurações pré-ajustadas no motor VDW.silver (VDW, Munique, Baviera, Alemanha). O instrumento trabalhou sequencialmente nos terços cervical, médio e apical, fazendo três movimentos de

pecking motion de amplitude de 3 a 4 mm. Após cada inserção o instrumento foi retirado e limpo em gaze estéril, o canal irrigado com 3ml de solução de hipoclorito de sódio a 2,5%. A sequência foi repetida com o instrumento R50 até que o comprimento de trabalho fosse alcançado. Durante todo o preparo, o canal foi irrigado com solução de hipoclorito de sódio a 2,5% e uma seringa de plástica descartável com agulha de irrigação, e inserção de uma lima tipo K #10, alternando-se a irrigação e preparo.

A obturação do canal foi realizada utilizando-se a técnica da onda contínua de compactação, com o auxílio do Touch'n heat (SybronEndo. Kavo Kerr. Joinville, Santa Catarina Brasil). A obturação foi realizada no CT utilizando-se cone de guta percha standardizado R50 Reciproc e cimento endodôntico AH plus (Dentsply Sirona. São Paulo. Brasil). Foi realizada apenas a primeira fase, "*downpack*". Após a seleção do condensador metálico, e o cone R50 introduzido no canal com uma fina camada de cimento. O dispositivo metálico foi acionado para aquecer o termocondensador, condensando e aquecendo a guta-percha até atingir a profundidade de 3 mm do CT. O dedo indicador foi liberado do dispositivo que gera calor, e aguardados 5 segundos mantendo a condensação vertical à frio. Novamente foi acionado o dispositivo metálico, aquecendo o termocondensador para romper a guta-percha do remanescente de obturação apical de 3 mm.

4.3 Anatomização e Cimentação do pino

Após a realização do tratamento endodôntico as raízes foram distribuídas, aleatoriamente, em quatro grupos experimentais (n=10), de acordo com o tipo do pino de fibra de vidro a ser cimentado.

- Grupo W - pino de fibra de vidro (White Post DC, FGM, Joinville, Santa Catarina, Brasil) modelado com resina composta e cimentado com cimento resinoso RelyX U200 (3M/ESPE Produtos Odontológicos, Sumaré, SP, Brasil).
- Grupo WPML - pino de fibra de vidro (White Post DC, FGM, Joinville, Santa Catarina, Brasil) modelado com resina composta e cimentado com cimento resinoso MultiLink Speed (Ivoclar-Vivadent, Schaan, Liechtenstein).
- Grupo S - Splendor SAP (Angelus, Londrina - PR, Brasil) cimentado com cimento resinoso RelyX U200 (3M/ESPE Produtos Odontológicos, Sumaré, SP, Brasil). S
- Grupo SML - Splendor SAP (Angelus, Londrina - PR, Brasil) cimentado com cimento resinoso MultiLink Speed (Ivoclar-Vivadent, Schaan, Liechtenstein).

Os canais radiculares foram irrigados com hipoclorito de sódio a 2,5% seguido de neutralização por tiosulfato de sódio a 10%. O excesso de umidade removido por meio de uma cânula endodôntica de sucção (Indusbello Company, Londrina – PR, Brasil), em baixo vácuo, com movimentos suaves para cima e para baixo por 5s, seguido de secagem com um cone de papel nº 80 (Dentsply Maillefer, Petrópolis, RJ, Brasil) por 1s.

Em cada grupo foi utilizada a broca fornecida pelos respectivos fabricantes do pino para o preparo do conduto.

Os grupos W e WPML receberam um pino de fibra de vidro White Post DC (FGM, Joinville, Santa Catarina, Brasil) número 0,5 associado à resina composta Z-100 (3M/ESPE Produtos Odontológicos, Sumaré, SP, Brasil).

O pino de fibra de vidro foi condicionado com gel de ácido fosfórico a 37% (Total Etch, Ivoclar-Vivadent, Schaan, Liechtenstein) por 15 segundos, seguido de enxágue e secagem. O pino de fibra foi revestido com silano (Silano, Ângelus) durante um minuto e a superfície suavemente seca ao ar (durante cinco segundos). O sistema adesivo de duas etapas (Tetric N-Bond, Ivoclar-Vivadent) foi aplicado e fotopolimerizado por 60 segundos (Radii-Cal – SDI, São Paulo, Brasil), coberto com uma resina composta Z-100 (3M/ESPE Produtos Odontológicos, Sumaré, SP, Brasil), e o conjunto (pino de fibra e resina composta) foi inserido em canal, previamente lubrificado com gel hidrossolúvel (KY, Johnson & Johnson, São José dos Campos, SP, Brasil). Este conjunto foi removido e reinserido duas vezes, e o excesso de resina composta cervical removido. A resina composta foi fotopolimerizada por 10 segundos com o pino dentro do canal radicular. O pino de fibra revestido foi removido, e a resina composta adicionalmente fotopolimerizada por 20 segundos em cada superfície para polimerização adicional.

Após a remoção das áreas retentivas, o pino anatômico foi condicionado com gel de ácido fosfórico a 37% (Total Etch, Ivoclar-Vivadent) por 15 segundos.

Para cimentação, foram utilizados os cimentos Rely-X U200 (3M/ESPE Produtos Odontológicos, Sumaré, SP, Brasil) e MultiLink Speed (Ivoclar-Vivadent, Schaan, Liechtenstein). Os cimentos foram manipulados de acordo com as recomendações do fabricante e inseridos no interior do conduto por meio de uma ponta aplicadora intracanal. Os excessos foram removidos e o cimento fotoativado

por 40 segundos com irradiância de 1000mW/cm² (Ratii-Cal – SDI, São Paulo, Brasil). A cada 5 espécimes, a irradiância foi verificada com auxílio de um radiômetro (LED Radiometer, Demetron/Kerr, Scafati, Italy).

Os S e SML receberam um pino de fibra de vidro Splendor SAP (Angelus, Londrina - PR, Brasil).

O pino de fibra de vidro e sua respectiva luva foram condicionados com gel de ácido fosfórico a 37% (Total Etch, Ivoclar-Vivadent, Schaan, Liechtenstein) por 15 segundos, seguido de enxágue e secagem. O pino de fibra e a luva foram revestidos com silano (Silano, Ângelus) durante um minuto e a superfície suavemente seca ao ar (durante cinco segundos). O sistema adesivo de duas etapas (Tetric N-Bond, Ivoclar-Vivadent) foi aplicado e fotopolimerizado por 60 segundos (Ratii-Cal – SDI, São Paulo, Brasil).

Para cimentação foram utilizados os cimentos Rely-X U200 (3M/ESPE Produtos Odontológicos, Sumaré, SP, Brasil) e MultiLink Speed (Ivoclar-Vivadent, Schaan, Liechtenstein). Os cimentos foram manipulados de acordo com as recomendações do fabricante e inseridos no interior do conduto por meio de uma ponta aplicadora intracanal. Os excessos foram removidos, e o cimento fotoativado por 40 segundos com irradiância de 1000mW/cm² (Ratii-Cal – SDI, São Paulo, Brasil). A cada 5 espécimes, a irradiância foi verificada com auxílio de um radiômetro (LED Radiometer, Demetron/Kerr, Scafati, Italy).

4.3 Análise por μ TC

Os dentes foram selecionados quanto a anatomia interna e, em seguida, quarenta dentes foram escaneados pelo microtomógrafo SkyScan 1174 v.2 (Bruker Micro-CT, Kontich, Bélgica). A aquisição das imagens foi realizada no microtomógrafo do Laboratório de Biomateriais da Universidade do Grande Rio, com resolução isotrópica de 21.98 μ m, 50Kv e 800 μ A. Para o escaneamento, cada elemento foi fixado no suporte com cera utilidade (Technew, Rio de Janeiro, RJ, Brasil) e, após o posicionamento do elemento dentário e o fechamento da câmara do aparelho, a fonte de raios-X foi acionada e a posição da raiz verificada pelo uso da ferramenta *Video Image* do programa de controle do *SkyScan 1174 v.2*. Com a confirmação da posição, as projeções dos espécimes foram iniciadas em diversas angulações, ao longo de uma rotação de 360°, com passos de rotação de 0.7. Durante os escaneamentos, foi utilizado um filtro de alumínio de 0,5 mm de espessura. O tamanho de *voxel* isotrópico definido permitiu o estabelecimento de um tempo de escaneamento de aproximadamente, 48 minutos e 40 segundos por espécime. Ao final da aquisição das imagens, os dentes foram armazenados em frascos identificados por números arábicos, contendo solução salina para reidratação, e permaneceram nessas condições até o momento do experimento. Em seguida, foram realizadas as reconstruções das imagens 3D através do *software* NRecon v1.6.9.18 (Bruker Micro-CT, Kontich, Bélgica), com *ring artifact correction* de 8, *beam hardening* de 61% e *smoothing* de 7 para criar as fatias transversais axiais das estruturas dos canais radiculares. As imagens reconstruídas foram padronizadas em 7mm de comprimento para análise, a partir da junção cimento-esmalte (Figura 1) e segmentadas em espaço pulpar, dentina, pino e cimento no *software* ImageJ Fiji v.1.53c (Fiji, Madison, WI, EUA) (Figura 2).

Para a obtenção dos dados da análise morfométrica, foram quantificados os volumes do espaço preparado para a inserção do pino, volume do pino com a resina modelada e, nos grupos Splendor SAP, volume do pino com a luva (Figuras 3 e 4).

Figura 1. Padronização do comprimento da análise no software *Image J*

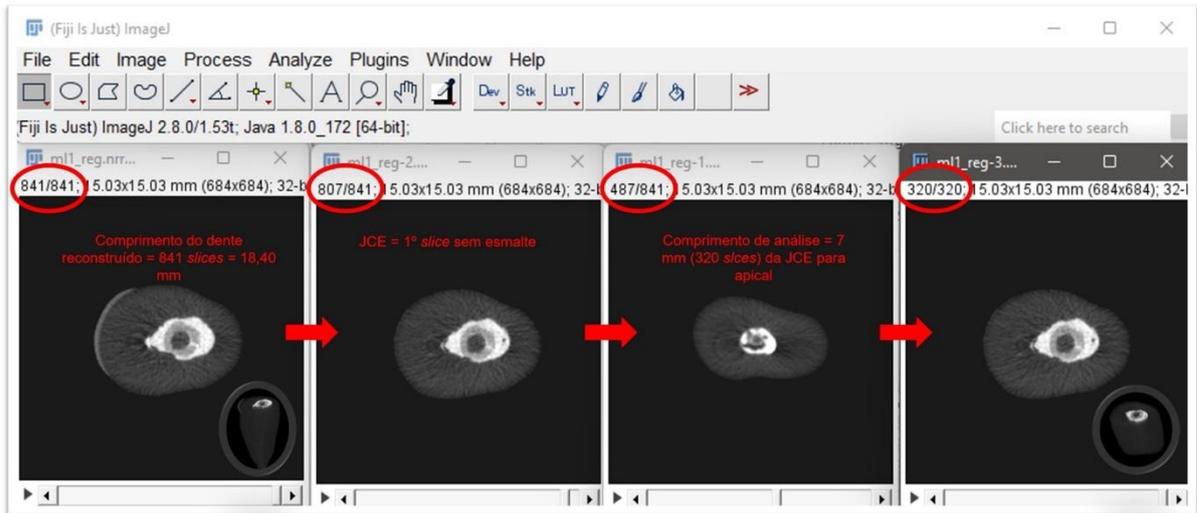


Figura 2. Segmentação do espaço pulpar, dentina, pino e cimento no software *ImageJ Fiji*

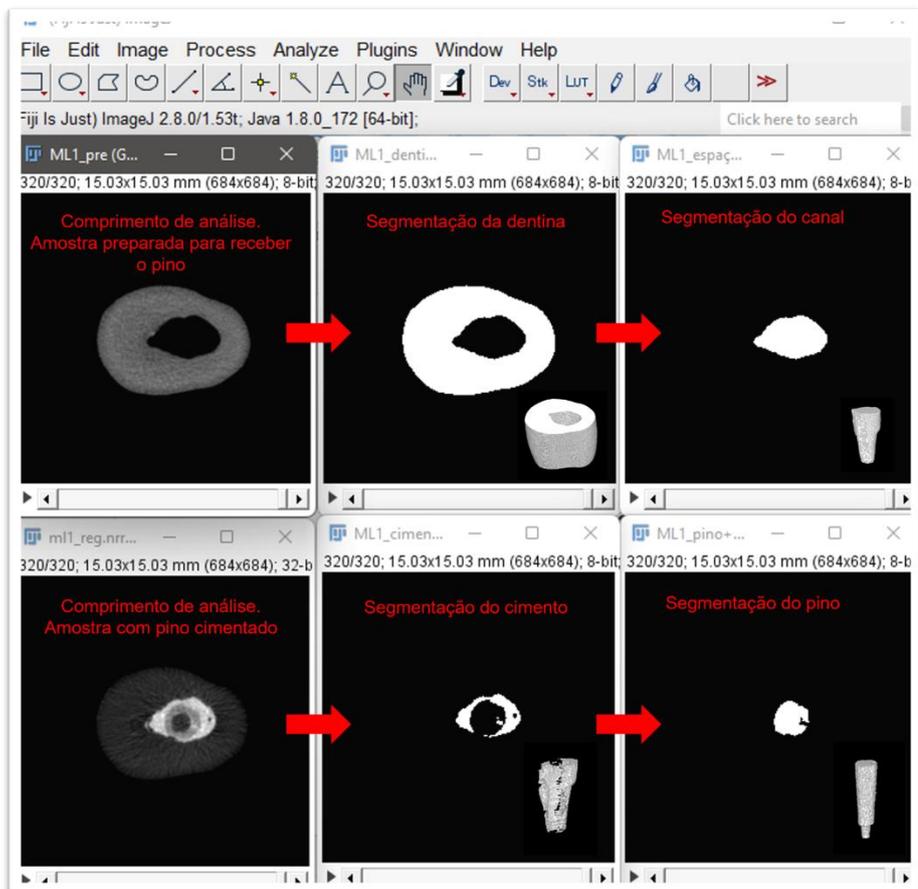


Figura 3: Análise morfométrica com segmentação do espaço pulpar e pino e luva

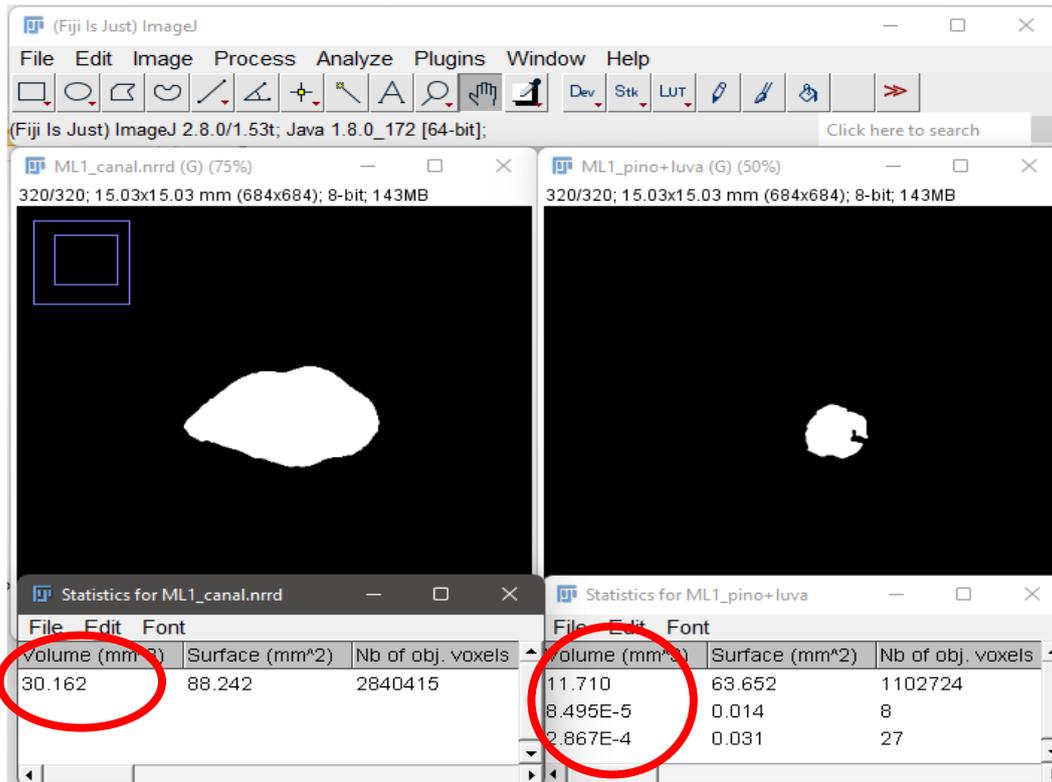
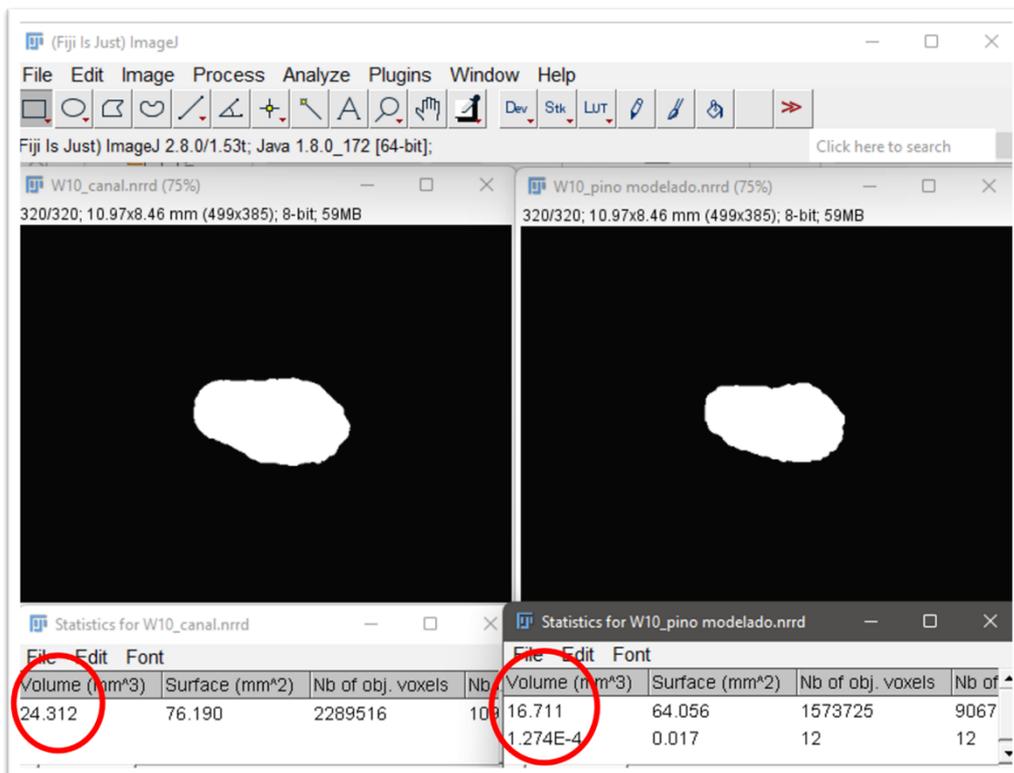


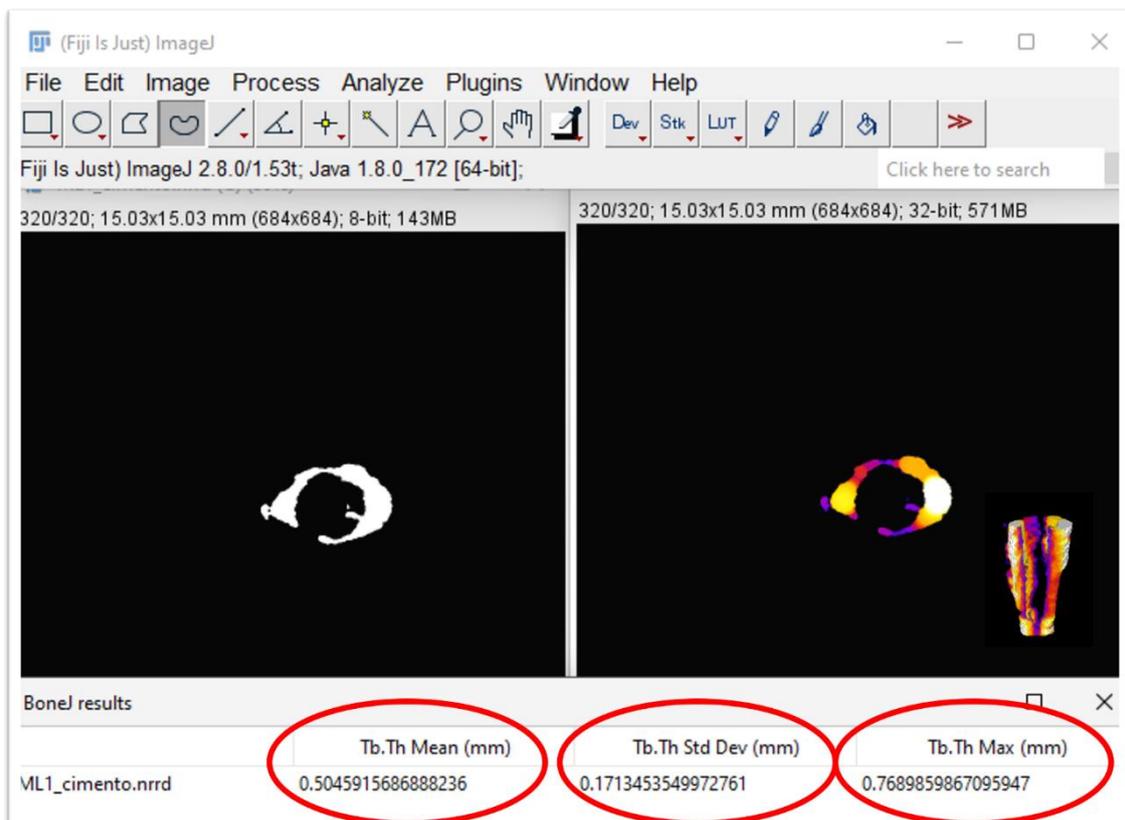
Figura 4: Análise volumétrica do espaço pulpar e pino e resina modelada



4.4 Análise da espessura da linha de cimento

Para a análise da espessura de cimento, o *plug-in thickness* do *Bone J* foi implementado dentro do *software* Fiji/ Image J (Fiji v.1.51 n; Madison, WI, EUA) (DOUBE et al. 2010). Os 7mm definidos a partir da junção cimento-esmalte de cada dente foram segmentados em 320 *slices*, e a média dos valores correspondentes às análises realizadas em cada *slice* representou a espessura do cimento em mm. Foi aplicado um filtro mediano 3D e aplicado em todo o conjunto de imagens com o objetivo de reduzir o ruído geral. Em seguida, a cimento foi binarizado com um limiar de segmentação (mínimo) e a maior espessura de cimento, sua média e desvio padrão foram registrados (Figura 5).

Figura 5. Utilização do *plug in thickness* do *Bone J*. A maior espessura de linha de cimento pode ser observada pela cor branca



4.5 Análise estatística

Os dados do estudo foram analisados pelo *software* SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*), versão 22.0. As análises descritivas foram realizadas através das médias e desvio padrão. Os dados também foram submetidos ao teste de normalidade *Kolmogorov-Smirnov*. Para os dados que apresentaram normalidade, aplicou-se o teste ANOVA *one-way* (Análise de Variância) para comparação entre os grupos e, se notada diferença estatística, o teste *post-hoc* de *Tukey* foi utilizado para identificá-la. Parte das amostras não demonstrou normalidade e, por isso, os dados foram analisados pelos testes *Kruskall- Wallis*. O nível de significância estatística estabelecido foi de 0,05%.

5. RESULTADOS

Os valores da média e desvio padrão dos volumes dos canais e dos volumes dos pinos com resina ou luva nos diferentes grupos em mm^3 , podem ser observados na Tabela 1. O teste *Kruskal Wallis*, quando aplicado para análise dos volumes dos canais, não demonstrou diferença em nenhum dos grupos analisados. Os volumes dos pinos com resina ou luva foram analisados através do teste ANOVA, e o grupo W apresentou diferença significativa quando comparado com os grupos S ($p=0,01$) e SML ($p=0,00$). O grupo WPML apresentou diferença significativa quando comparado com os grupos S ($p=0,00$) e SML ($p=0,00$). Não foi observada diferença significativa entre os demais grupos analisados. A comparação dos volumes dos pinos com resina ou luva em mm^3 podem ser observadas no gráfico 1.

Grupo	Volume canal	Volume pino + luva
Grupo W	23,09 (7,03)	15,50 (3,93)
Grupo WPML	22,54 (6,93)	16,15 (4,78)
Grupo S	21,81 (6,49)	10,08 (3,32)
Grupo SML	22,48 (4,62)	9,04 (2,89)

Tabela 1. Valores de média e DP dos volumes dos canais e do volume pino, resina e luva

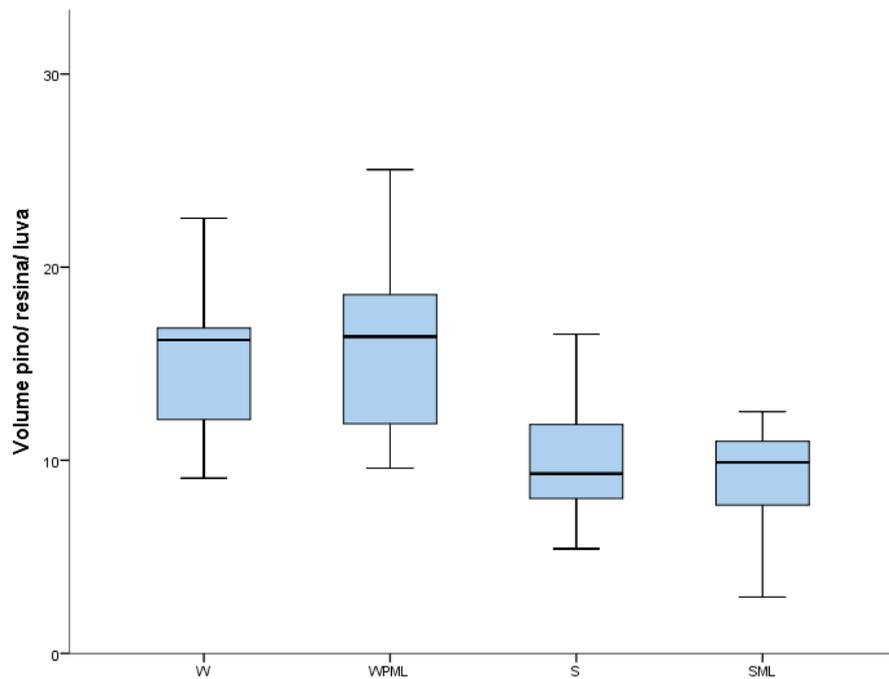


Gráfico 1. Representação dos valores de volume dos pinos com resina e luva em mm^3

Os valores de média e desvio padrão da análise de espessura da linha de cimento em mm podem ser observados na tabela 2. O teste ANOVA demonstrou diferença significativa entre o grupo WPML quando comparado ao grupo S ($p=0,00$) e entre o grupo WPML comparado ao grupo SML ($p=0,00$). Não foram observadas diferenças estatísticas entre os demais grupos avaliados. A representação dos valores da espessura da linha de cimento em mm pode ser observada no Gráfico 2.

Tabela 2. Valores da espessura da linha de cimento em mm

Grupos	Espessura da linha de cimento
Grupo W	0,34(0,19)
Grupo WPML	0,17(0,31) ^{*,**}
Grupo S	0,53(0,23) [*]
Grupo SML	0,53(0,15) ^{**}

* e ** representam diferença significativa entre os grupos

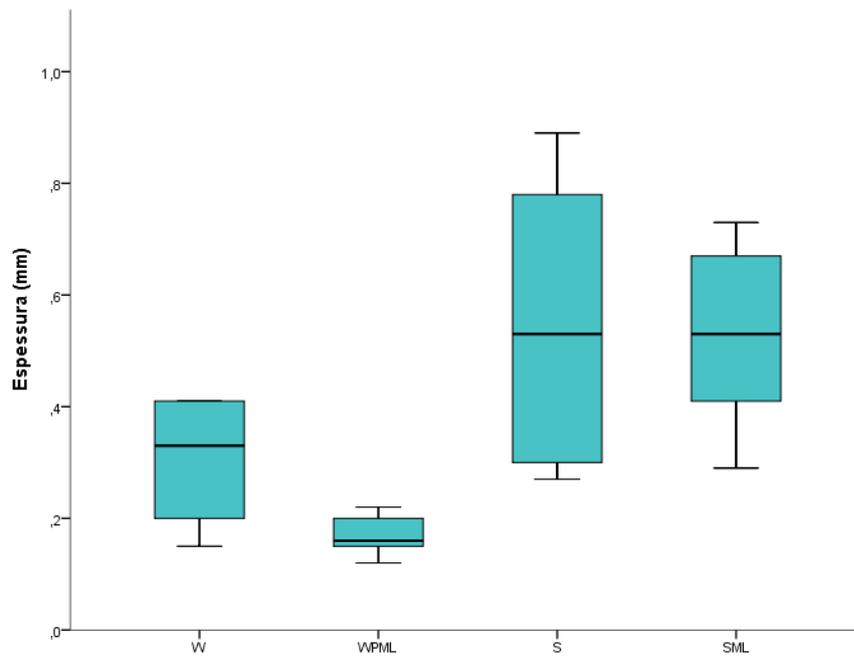
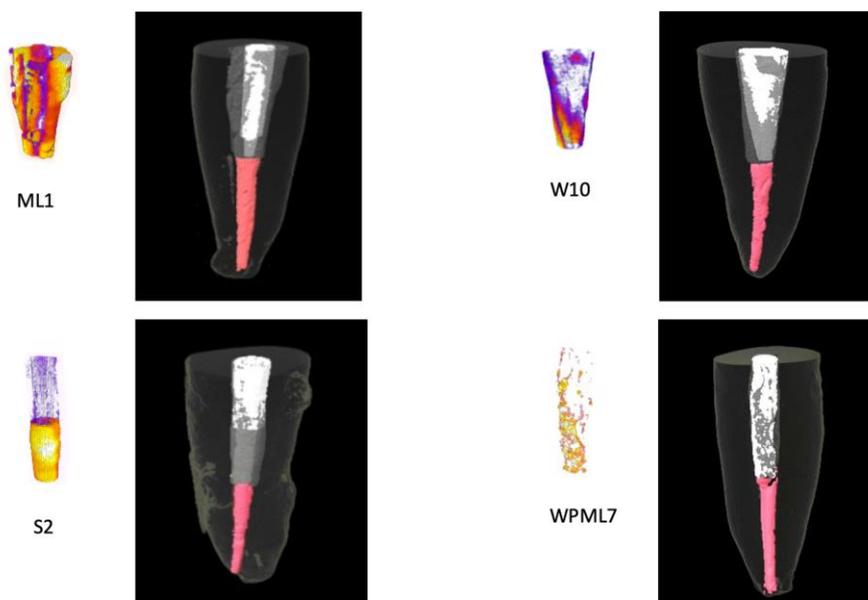


Gráfico 2. Representação dos valores da espessura da linha de cimento em mm entre os grupos

Figura 6. Utilização do *plug in thickness do Bone J* para avaliação da linha de cimentação. A maior espessura de linha de cimento pode ser observada pela cor branca



6. DISCUSSÃO

Por não ser destrutiva, a técnica de micro-CT pode ajudar a superar algumas das desvantagens dos métodos geralmente usados para avaliar o complexo pino-cimento-dentina. Esta ferramenta fornece uma visualização tridimensional precisa do conteúdo do canal radicular sem destruir as amostras, permitindo assim que esses dados possam ser utilizados em pesquisas futuras. Com a ajuda da reconstrução 3D, informações sobre os materiais restauradores utilizados e a distribuição de seus componentes podem ser obtidas. O presente estudo mostra que é possível distinguir entre cimento resinoso, pino de fibra e *gaps/bolhas* (SWAIN & XUE, 2009; KELES et al, 2014).

No presente estudo, o volume da linha de cimentação foi analisado através da microtomografia computadorizada. Os resultados mostraram variações no volume das linhas de cimentação entre o sistema Splendor e os pinos anatômicos, rejeitando portanto, a hipótese nula.

Segundo Clavijo et al (2009), a individualização do pino permite boa adaptação ao conduto radicular, o que possibilita a formação de uma camada fina e uniforme de cimento resinoso (algo ideal para esse tipo de material), assim, criam-se condições favoráveis para a retenção do pino.

O pino customizado reduz as possibilidades de criar deformidades estruturais na camada de cimentação, pois copia a anatomia do espaço do pino, proporcionando melhor adaptação e uma camada de cimento resinoso mais fina. O reembasamento com a resina composta parece ser particularmente eficaz para melhorar a retenção de pinos com canais de formato elíptico ou com estrutura radicular residual mínima após o tratamento endodôntico (GRANDINI et al, 2005).

Uma das razões que podem justificar a discrepância no volume de cimento entre os sistemas de pinos comparados é a própria anatomia ovóide do canal radicular dos caninos utilizados neste trabalho. Como o sistema de pinos Splendor SAP possui um formato circular, os mesmos não conseguem se adaptar perfeitamente às paredes dos condutos com a forma mais ovalada. Já os pinos de fibra de vidro, ainda que sejam circulares, quando reembasados com resina composta, conseguem modelar com mais exatidão a anatomia dos canais.

A cimentação de um retentor em um canal radicular oval pode ser mais crítica porque a limpeza adequada do conduto é dificultada e uma maior quantidade de tecido dentário sadio pode ser sacrificada durante a preparação do espaço para a adaptação do pino. A oportunidade de utilização de uma ponta ultrassônica dedicada para preparação do espaço do retentor em dentes com canais ovais representa uma possível vantagem e foi sugerida como uma preparação mais conservadora (CONIGLIO et al, 2008).

CACERES et al (2018) mostraram que a técnica de reembasamento com resina composta para pinos de fibra reduziu o número de *gaps* e bolhas. Um pino de fibra reembasado apresentará mais área de superfície em contato com o canal radicular, melhorando a retenção por atrito e reduzindo as chances de falhas na camada de cimento.

Estudos *in vivo* já comprovaram que a espessura de cimento pode ser um fator crucial para o sucesso clínico e que uma espessura excessiva aumenta a probabilidade de deslocamento da restauração (MALFERRARI et al, 2003).

Outra abordagem que minimiza as falhas durante a cimentação é a utilização pontas automisturadoras, utilizadas no presente estudo. A automistura pode ter auxiliado a reduzir a formação de vazios e melhorar o preenchimento do canal radicular.

Do ponto de vista biológico, as formações de *gaps* podem atuar como uma via de acesso de microorganismos para a região do periápice. Os *gaps* fechados que não estão ligados à dentina e à superfície do pino podem ser considerados clinicamente menos significativos do que os abertos. Os *gaps* abertos que estão em continuidade ao longo de ambas as interfaces do pino podem necessitar de retratamento (ASHEIBI et al, 2014).

Maccari et al. e Barcellos et al. mostraram que o principal fator na falha dos dentes restaurados com pinos de fibra originou-se da fratura da reconstrução coronal. É importante considerar o papel que os amplos *gaps* e bolhas desempenham no sucesso pós-endodôntico.

Outro efeito negativo notável das formações de *gaps* é que eles diminuem a resistência de união, restringindo a área disponível para cimentação, o que resulta em menor tempo de sobrevivência da restauração.

6. CONCLUSÃO

Baseados nos resultados obtidos pelo presente estudo *in vitro*, podemos concluir que o volume da linha de cimentação nos pinos modelados com resina composta é estatisticamente inferior ao volume da linha de cimentação dos pinos do sistema Splendor SAP.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Akkayan B, Gülmez T. Resistance to fracture of endodontically treated teeth restored with different post systems. *J Prosthet Dent.* 2002 Apr;87(4):431-7.

Asheibi F, Qualtrough AJ, Mellor A, Withers PJ, Lowe T. Micro-CT evaluation of the effectiveness of the combined use of rotary and hand instrumentation in removal of Resilon. *Dent Mater J* 2014;33:1-6.

Asmussen E, Peutzfeldt A, Sahafi A. Finite element analysis of stresses in endodontically treated, dowel restored teeth. *J Prosthet Dent, St. Louis*, v.94, nº4, p.321-29, Oct. 2005.

Assif D, Gorfil C. Biomechanical considerations in restoring endodontically treated teeth. *J Prosthet Dent.* 1994 Jun;71(6):565-7.

Barcellos RR, Correia DP, Farina AP, Mesquita MF, Ferraz CC, Cecchin D. Fracture resistance of endodontically treated teeth restored with intra-radicular post: the effects of post system and dentine thickness. *J Biomech* 2013;46:2572-7.

Belli S, Zhang Y, Pereira PN, Pashley DH. Adhesive sealing of the pulp chamber. *J Endod.* 2001 Aug;27(8):521-6. doi: 10.1097/00004770-200108000-00006. PMID: 11501590.

Bouillaguet S, Schütt A, Marin I, Etechami L, Di Salvo G, Krejci I. Replacement of missing teeth with fiber-reinforced composite FPDs: clinical protocol. *Pract Proced Aesthet Dent*. 2003 Apr;15(3):195-202; quiz 204.

Caceres EA, Sampaio CS, Atria PJ, Moura H, Giannini M, Coelho PG, Hirata R. Void and gap evaluation using microcomputed tomography of different fiber post cementation techniques. *J Prosthet Dent*. 2018 Jan;119(1):103-107. doi: 10.1016/j.prosdent.2017.01.015. Epub 2017 Apr 29. PMID: 28461048.

Cagidiaco MC, Goracci C, Garcia-Godoy F, Ferrari M (2007) Clinical studies of fiber posts: a literature review. *International Journal of Prosthodontics* 21, 328–36.

Cheleux N (2008) The ellipson concept: an ultrasonic canal preparation combined with an oval fiber post. *International Dentistry African Edition* 3, 52–8.

Cheung W. A review of the management of endodontically treated teeth. Post, core and the final restoration. *J Am Dent Assoc*. 2005 May;136(5):611-9.

Clavijo EMA, Clavijo VG, Itikawa GN, Soares AJ, Zaia AA. Reintervenção endodôntica associada à blindagem coronária com pinos anatômicos de fibra de vidro. *Clínica*, v.28, p.446-59, 2011.

Clavijo VG, Clavijo E. Retentores intrarradiculares em raízes fragilizadas: uma nova abordagem com pino de fibra de vidro universal. *Clínica*, v.15, n.3, p.238-242, jul/set. 2019.

Clavijo VG, Reis JM, Kabbach W, Silva AL, Oliveira Junior OB, Andrade MF. Fracture strenght of flared bovine roots restored with different intraradicular posts. J Apple Oral Sci. 2009 Nov-Dec;17(6):574-8.

Conceição EN, Conceição AB, Braz R. Restaurações estéticas- compósitos, cerâmicas e implan- tes. p.177. Artmed. 2005.

Coniglio I, Magni E, Cantoro A, Goracci C, Ferrari M (2011) Push-out bond strength of circular and oval-shaped fiber posts. Clinical Oral Investigations 15, 667–72.

Coniglio I, Carvalho CA, Magni E, Cantoro A, Ferrari M (2008) Post space debridement in oval-shaped canals: the use of a new ultrasonic tip with oval section. J Endod 34(6):752–755

D’Arcangelo C, Cinelli M, De Angelis F, D’Amario M. The effect of resin cement film thickness on the pullout strength of a fiber-reinforced post system. J Prosthet Dent 2007;98: 193-8.

DeCleen MJ. The relationship between the root canal filling and post space preparation. Int Endod J 1993;26:53-8.

Doube M et al. BoneJ: Free and extensible bone image analysis in ImageJ. Bone 2010;47:1076-9.

Eden E, Topaloglu-Ak A, Cuijpers V, et al: Micro-CT for measuring marginal leakage of Class II resin composite restorations in primary molars prepared in vivo. Am J Dent 2008;21:393-397

Fan B, Wu MK, Wesselink PR. Coronal leakage along apical root fillings after immediate and delayed post space preparation. *Endod Dent Traumatol* 1999;15:124-6.

Ferracane JL. Hygroscopic and hydrolytic effects in dental polymer networks. *Dent Mater*. 2006 Mar;22(3):211-22. doi: 10.1016/j.dental.2005.05.005. Epub 2005 Aug 8. PMID: 16087225.

Fradeani M, Aquilano A, Barducci G. Aesthetic restoration of endodontically treated teeth. *Pract Periodontics Aesthet Dent*. 1999 Sep;11(7):761-8; quiz 770.

Grandini S, Goracci C, Monticelli F, Borracchini A, Ferrari M. SEM evaluation of the cement layer thickness after luting two different posts. *J Adhes Dent* 2005;7:235-40.

Grandini S, Sapio S, Simonetti M. Use of anatomic post and core for reconstructing and endodontically treated tooth: a case report. *Adhes Dent*. 2003 Fall;5(3):243-7.

Hatzikyriakos A, Reisis G, Tsingos N (1992) A 3-year postoperative clinical evaluation of posts and cores beneath existing crowns. *Journal of Prosthetic Dentistry* 67, 454–8.

Heling I, Gorfil C, Slutzky H, Koplovic K, Zalkind M, Slutzky-Goldberg I. Endodontic failure caused by inadequate restorative procedures: review and treatment recommendations. *J Prosthet Dent*. 2002 Jun;87(6):674-8

Keleş A, Alcin H, Kamalak A, Versiani MA. Oval-shaped canal retreatment with self-adjusting file: a micro-computed tomography study. *Clin Oral Investig* 2014;18:1147-53.

Maccari PC, Conceição EN, Nunes MF. Fracture resistance of endodontically treated teeth restored with three different prefabricated esthetic posts. *J Esthet Restor Dent* 2003;15: 25-30.

Malferrari S, Monaco C, Scotti R (2003) Clinical evaluation of teeth restored with quartz fiber-reinforced epoxy resin posts. *Int J Prosthodont* 16(1):39–44

Magura ME, Kafrawy AH, Brown CE Jr, Newton CW. Human saliva coronal microleakage in obturated root canals: an in vitro study. *J Endod* 1991;17:324-31.

Morgano SM. Restoration of pulpless teeth: application of traditional principles in present and future contexts. *J Prosthet Dent*. 1996 Apr;75(4):375-80.

Muniz L & colaboradores. Reabilitação estética me dentes tratados endodonticamente: pinos de fibra e possibilidades conservadoras - p.69 - São Paulo Santos, 2010.

Naumann M, Sterzenbach G, Rosentritt M, Beuer F, Frankenberg R (2008) Is adhesive cementation of endodontic posts necessary? *Journal of Endodontics* 34, 1006–10.

Nazari A, Sadr A, Shimada Y, Tagami J, Sumi Y. 3D assessment of void and gap formation in flowable resin composites using optical coherence tomography. *J Adhes Dent* 2013; 15:237-43.

Paque F, Balmer M, Attin T, Peters OA (2010) Preparation of oval-shaped root canals in mandibular molars using nickel-titanium rotary instruments: a micro-computed tomography study. *Journal of Endodontics* 36, 703–7.

Ray HA, Trope M. Periapical status of endodontically treated teeth in relation to the technical quality of the root filling and the coronal restoration. *Int Endod J.* 1995 jan;28(1):12-8.

Ricucci D, Grondahl K, Bergenholtz G. Periapical status of root-filled teeth exposed to oral environment by loss of restoration or caries. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2000 Sep;90(3):354-9.

Schwartz RS, Fransman R. Adhesive dentistry and endodontics: materials, clinical strategies and procedures for restoration of access cavities: a review. *J Endod.* 2005 Mar; 31(3):151-65.

Sivers JE, Johnson WT. Restoration of endodontically treated teeth. *Dent Clin North Am* 1992; Jul;36(3):631-50.

Soctti R, Ferri, M. Pinos de fibra: Considerações teóricas e aplicações clínicas. 1 ed. São Paulo (BR): Artes Médicas. 2003.

Swain MV, Xue J. State of the art of Micro-CT applications in dental research. *Int J Oral Sci* 2009;1:177-88.

Unsal Sahin F, Topuz O: Microcomputerized tomography applications in dental research. *Acta Odontol Turc* 2014;31:114-120

Uranga A, Blum JY, Esber S, Parahy E, Prado C. A comparative study of four coronal obturation materials in endodontic treatment. *J Endod* 1999;25:178-80.

Uzun İH, Malkoç MA, Keleş A, Öğreten AT. 3D micro-CT analysis of void formations and push-out bonding strength of resin cements used for fiber post cementation. *J Adv Prosthodont*. 2016 Apr;8(2):101-9. doi: 10.4047/jap.2016.8.2.101. Epub 2016 Apr 21. PMID: 27141253; PMCID: PMC4852261.

Vire DE. Failure of endodontically treated teeth: classification and evaluation. *Endod*. 1991 Jul;17(7):338-42.

Wu MK, Pehlivan Y, Kontakiotis EG, Wesselink PR. Microleakage along apical root fillings and cemented posts. *J Prosthet Dent* 1998;79:264-9.

Yoshida Y, Nagakane K, Fukuda R et al. (2004) Comparative study on adhesive performance of functional monomers. *Journal of Dental Research* 83, 454–8.