

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

**DEGRADAÇÃO QUÍMICA DE AGENTE CIMENTANTE DE PINO DE  
FIBRA DE VIDRO INTRARRADICULAR**

**DISSERTAÇÃO**

**ELIS REGINA NUNES DE ALMEIDA VALENTIM**

**2022**

UNIVERSIDADE DO GRANDE RIO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA

DEGRADAÇÃO QUÍMICA DE AGENTE CIMENTANTE DE PINO DE  
FIBRA DE VIDRO INTRARRADICULAR

ELIS REGINA NUNES DE ALMEIDA VALENTIM

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).

Orientador(a):

Prof. Dr. Fabiano Luiz Heggendorn

Co-orientador (a):

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Aline Guerra Manssour Fraga

2022

# DEGRADAÇÃO QUÍMICA DE AGENTE CIMENTANTE DE PINO DE FIBRA DE VIDRO INTRARRADICULAR

ELIS REGINA NUNES DE ALMEIDA VALENTIM

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      de      de 20

Banca examinadora

---

Prof. Dr. Fabiano Luiz Heggendorf  
Universidade do Grande Rio

---

Prof. Dr. José Claudio Provenzano  
Universidade do Grande Rio

---

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Aline Guerra Manssour Fraga  
Universidade Federal do Rio de Janeiro

## DEDICATÓRIA

Aos meus pais, por sempre me incentivarem a crescer profissionalmente e serem os responsáveis por eu ter chegado até aqui e à minha avó e à minha irmã pelos constantes estímulos para continuar em frente.

Ao meu marido, pelo companheirismo, carinho e encorajamento durante toda essa longa caminhada.

Aos meus bebês, Akin e Malik, que estiveram em meu ventre nos últimos 6 meses e que vieram para confirmar o quanto eu sou forte e capaz.

## AGRADECIMENTOS

---

Ao Prof. Dr. Fabiano Heggendorf, por todos os ensinamentos, por acreditar no meu potencial, pelos incentivos a cada nova fase e pela ajuda na complicada reta final.

À Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Aline Guerra, pela divisão de conhecimento na área química-farmacológica e por todo o suporte durante os experimentos.

À Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Daniela Dutra Voigt, pelo suporte e pelo aprendizado durante os experimentos no labGem da Universidade do Grande Rio.

## ÍNDICE

---

1. INTRODUÇÃO E REVISÃO DE LITERATURA.....	01
2. JUSTIFICATIVA.....	19
3. OBJETIVOS.....	20
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	21
5. RESULTADOS .....	32
6. DISCUSSÃO .....	46
7. CONCLUSÃO .....	51
8.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	52
9. APÊNDICE .....	59
10. ANEXO.....	62

## RESUMO

---

**Objetivo.** Avaliar o potencial de degradação de diferentes soluções, ácidos, solventes e quelantes em cimentos resinosos utilizados na cimentação de pinos de fibra de vidro intrarradiculares. **Materiais e Métodos.** Foram utilizados 66 dentes unirradiculares preparados endodonticamente, seguido do preparo dos canais radiculares e a cimentação dos pinos de fibra de vidro e realizadas radiografias digitais no sentido Mésio-Distal (G-M-D) e Vestíbulo-Lingual (G-V-L) de cada dente para confirmação da correta cimentação dos pinos, que foram processados e analisados pelo programa ImageJ. Posteriormente, 28 dentes foram seccionados transversalmente, garantindo assim 2 faces para as análises no corpo de prova (Cp), que foram medidos e pesados para as propriedades de sorção, solubilidade e perda de massa. Posteriormente os Cps foram imersos por 20 min., na temperatura 37,5° C em Ácido fosfórico 37%, Ácido fluorídrico 9%, Ácido hidrófluorídrico 10%, Xylol, Eucaliptol e EDTA. **Resultados.** Na avaliação radiográfica, no (G-M-D) foi encontrada maior presença de defeitos do que no (G-V-L) que foi corroborada pela análise de imagens pelo programa ImageJ, que apresentou uma maior área e maior número de partículas com defeitos no mésio-distal. A propriedade de sorção não demonstrou diferença significativa, enquanto que a de solubilidade demonstrou diferença estatística significante indicando maior solubilidade nos Cps expostos ao ácido fosfórico 37% e a perda de massa endossou os dados ao demonstrar maior diferença significativa no ácido fosfórico 37%. **Conclusão.** É possível concluir, que dentre as soluções propostas a que mais sugeriu alteração na interface cimentante resinosa, a partir da análise dos dados, foi o ácido fosfórico a 37%. Entretanto soluções do grupo como Xilol e EDTA, também obtiveram influência na interface.

**Palavras-chave:** Bis-Fenol A-Glicidil Metacrilato; Cimentos de Resina; Materiais dentário.

## ABSTRACT

---

**Aim.** To evaluate the degradation potential of different solutions, acids, solvents and chelating agents in resin cements used for cementation of intraradicular fiberglass posts. **Materials and Methods.** Sixty-six unrooted teeth were endodontically prepared, followed by root canal preparation and cementation of glass fiber posts. Digital radiographs were taken in the Mesio-Distal (G-M-D) and Bucco-Lingual (G-B-L) Subsequently, 28 teeth were cross-sectioned, thus ensuring 2 faces for analysis in the specimen (Spec.), which were measured and weighed for sorption, solubility and mass loss properties. Subsequently, the Specs were immersed for 20 min at 37.5° C in 37% phosphoric acid, 9% hydrofluoric acid, 10% hydrofluoric acid, Xylene, Eucalyptol and EDTA. **Results.** In the radiographic evaluation, in (G-M-D) a greater presence of defects was found than in (G-B-L) which was corroborated by image analysis by the ImageJ program, which showed a greater area and greater number of particles with defects in the mesio-distal. The sorption property showed no significant difference, while the solubility property showed a statistically significant difference indicating greater solubility in Spec's exposed to 37% phosphoric acid and the mass loss endorsed the data by showing greater significant difference in 37% phosphoric acid. **Conclusion.** It is possible to conclude that among the proposed solutions the one that most suggested alteration in the resin cement interface, from the data analysis, was the 37% phosphoric acid. However, group solutions such as Xylol and EDTA, also had influence on the interface.

**Keywords:** Bis-Phenol A-Glycidyl Methacrylate; Dental Materials; Resin Ciments



## LISTA DE FIGURAS

---

Figura 1.	Preparo e obturação dos canais radiculares.....	22
Figura 2.	Sequência de cimentação dos pinos de fibra de vidro.....	24
Figura 3.	Tomada radiográfica digital dos corpos de prova.....	24
Figura 4.	Secção dos Corpos de prova.....	26
Figura 5.	Ilustração das faces analisadas no corpo de prova.....	26
Figura 6.	Impregnação na interface dentina, cimento resinoso e pino de fibra de vidro.....	28
Figura 7.	Ensaio de degradação.....	31
Figura 8.	Análise comparativa entre as tomadas radiográficas sentido mésio-distal x vestíbulo-lingual.....	33
Figura 9.	Aplicação de parâmetros da função Enhance Contrast.....	36
Figura 10.	Área inicial delimitada x área para aplicação do filtro.....	36
Figura 11.	Aplicação de parâmetros para o filtro Gaussian Blur.....	37
Figura 12.	Aplicação do filtro Gaussian Blur em área de interesse no corpo de prova.....	37
Figura 13.	Aplicação de parâmetros para o filtro Unsharp Mask.....	38
Figura 14.	Aplicação do filtro Unsharp Mask em área de interesse no corpo de prova .....	38
Figura 15.	Aplicação dos parâmetros para o filtro FFT Bandpass.....	39
Figura 16.	Aplicação do filtro FFT Bandpass em área de interesse no corpo de prova.....	39
Figura 17.	Aplicação dos parâmetros para o comando Threshold.....	40
Figura 18.	Aplicação do comando Threshold em área de interesse no corpo de prova .....	40

Figura 19. Imagem dos parâmetros utilizados na análise de partículas.....	41
Figura 20. Imagem inicial x Imagem final.....	42

## LISTA DE GRÁFICOS

---

- Gráfico 1. Análise da cimentação dos pinos intrarradiculares nos diferentes sentidos radiográficos.....35
- Gráfico 2. Análise por processamento de imagens.....43
- Gráfico 3. Análise das Propriedades de Sorção e Solubilidade na remoção de pinos de fibra de vidro intrarradiculares.....45
- Gráfico 4. Análise da Perda de massa.....46

## LISTA DE TABELAS

---

- Tabela 1. Diferentes técnicas e análises aplicadas para a remoção de pinos de fibra de vidro intrarradiculares. ....8
- Tabela 2. Distribuição das superfícies a serem analisadas em cada corpo de prova. ....25
- Tabela 3. Distribuição dos grupos no ensaio de degradação. Corpos de provas submetidos a diferentes solventes e soluções ácidas.....30

## LISTA DE ABREVIATURAS, SÍMBOLOS E SIGLAS

---

<i>AgNO<sub>3</sub></i>	<i>Nitrato de prata</i>
<i>BIS-GMA</i>	<i>Bis-Fenol A-Glicidil Metacrilato</i>
<i>Den/PFibr/CRes</i>	<i>Interface dentina, pino de vibra de vidro e cimento resinoso</i>
<i>EDTA</i>	<i>Ácido etilenodiamino tetra-acético</i>
<i>HEMA</i>	<i>Hidroxietilmetacrilato</i>
<i>ISO</i>	<i>International Standards Organization</i>
<i>KHz</i>	<i>Quilo-hertz</i>
<i>Kv</i>	<i>Quilo-volt</i>
<i>LASER</i>	<i>Light Amplification by Stimulated Emission</i>
<i>LASER Er-Yag</i>	<i>Laser Erbium Yag</i>
<i>4-META</i>	<i>4-metacriloxietil trimelitato anidro</i>
<i>MEK/MEC</i>	<i>Metil-etil-Cetona (C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>O)</i>
<i>min</i>	<i>Minutos</i>
<i>mCT</i>	<i>Microtomografia computadorizada</i>
<i>mm</i>	<i>Milímetro</i>
<i>ml</i>	<i>mililitro</i>
<i>NaOCl</i>	<i>Hipoclorito de sódio</i>
<i>PMDM</i>	<i>Acido piromelítico dietilmetacrilato</i>
<i>s</i>	<i>Segundos</i>
<i>SiO<sub>2</sub></i>	<i>Óxido de Silício ( Sílica)</i>
<i>μ</i>	<i>Micra</i>
<i>μA</i>	<i>Micro Ampére</i>
<i>μm</i>	<i>Micrometro</i>

# 1. INTRODUÇÃO E REVISÃO DE LITERATURA

---

## 1.1 INTRODUÇÃO

Os retentores intrarradiculares têm sido frequentemente utilizados para restaurar dentes tratados endodonticamente desde a década de 90, tornando-se a primeira escolha de muitos cirurgiões-dentistas, principalmente devido a suas propriedades mecânicas e estéticas, por ter módulo de elasticidade semelhante à dentina e por diminuir o risco de fratura radicular, quando comparados com retentores metálicos. (SARKIS-ONOFRE *et al.*, 2020) Tais retentores possuem sistemas, como a base de carbono ou a base de sílica, que são os reforçados por fibras de vidro, fibras de quartzo ou de zircônia, compostos por fibras de sílica ligados por uma matriz de resina epóxi ou matriz BIS-GMA. O sistema a base de sílica tem sido mais utilizado devido aos melhores resultados estéticos em relação aos de carbono. (LAMICHHANE *et al.*, 2014)

Entretanto, eventualmente ocorrerá a necessidade de remover esse pino com a finalidade de retratamento endodôntico, devido à presença de lesões periapicais, fraturas, conformação ou por comprimento inadequado, do ponto de vista biomecânico (SILVA *et al.*, 2018). Porém, fatores como material, forma e comprimento do pino, tipo de cimento utilizado na cimentação, a inter-relação do pino com as paredes do canal, a acessibilidade, a habilidade do profissional e ainda os recursos técnicos disponíveis são fatores que aumentam a dificuldade desta remoção. (SOARES *et al.*, 2012)

As técnicas mais utilizadas são voltadas para a remoção mecânica do pino, esbarrando em consequências que não apresentam tantos estudos relacionados, como a iniciação e a propagação de fraturas e a necessidade de realizar uma técnica correta para que ocorra o sucesso. (ATSHUL *et al.*, 1997; ABBOT *et al.*, 2002).

Tais consequências foram observadas em HAUPT *et al.* (2017), pois levantaram falhas no processo, como perfurações laterais ao utilizar a broca esférica e desvios do eixo da raiz ao utilizar o ultrassom e o kit de remoção. Isto posto, concluíram que nenhuma das técnicas eram seguras como melhor escolha.

Logo, é possível concluir que os estudos, ainda que abrangentes, não chegaram a uma definição da melhor técnica que seja não só segura, como também eficaz e eficiente.

## 1.2 TÉCNICAS DE REMOÇÃO

As técnicas de remoção de pino almejavam em primeiro lugar serem rápidas, sendo as primeiras técnicas relatadas a remoção por brocas e a remoção por ultrassom. (LINDEMANN *et al.*, 2005; GESI *et al.*, 2005; HAUPT *et al.*, 2018)

A remoção por brocas consiste em utilizar brocas esféricas ou diamantadas para remoção do pino através da perfuração, enquanto a remoção por ultrassom consiste em utilizar pontas de um aparelho ultrassônico, que, através da energia de vibração, realiza o desprendimento da fibra do cimento. Baseada na remoção por brocas, passou-se a utilizar também o sistema de kit de brocas, desenvolvido por uma determinada marca comercial de pinos, que, para realizar a remoção dos pinos, utiliza uma sequência de brocas, onde inicialmente perfura-se a região da fibra e as outras que se seguem esvaziam o canal, desgastando o material. (LINDEMANN *et al.*, 2005). Estas duas técnicas mecânicas foram as principais ao longo dos últimos anos, levando a estudos comparativos com a finalidade de avaliar a eficácia, a eficiência e as consequências nos tecidos dentários. Estudos estes como o de GESI *et al.* (2003), que concluíram, após submeter diferentes tipos pinos de fibras à técnicas de remoção por kits de brocas multilaminadas, brocas diamantadas e brocas tipo largo, que o

método o qual a remoção se tornava mais rápida era aquele que envolvia as brocas diamantadas e largo. Já LINDEMANN *et al.* (2005) também demonstraram não só a eficiência de sistemas de remoção como também a eficácia das técnicas e concluíram, após comparar kits específicos de remoção das marcas dos pinos que foram utilizados (Post XH, Post Fiber White, Luscent Anchors e Aesthetic Plus), com brocas diamantadas e remoção por ultrassom, que existe um grande sucesso na remoção dos pinos com seus próprios kits. Os autores ainda relataram que foi possível visualizar restos de cimento e fibras nas paredes dos elementos, logo, os kits mantiveram a eficiência, pelo tempo de remoção ser mais rápido, enquanto as brocas em conjunto com o uso do ultrassom demonstraram eficácia na remoção, com menor permanência de resíduos.

Posteriormente, HAUPT *et al.* (2018) também trouxeram a necessidade de se avaliar a eficácia de diferentes tipos de remoção e, a partir deste ponto, submeteram as técnicas de remoção por ultrassom, broca esférica e kit de remoção aos parâmetros de plenitude de remoção do conjunto pino e cimento, quantidade de remoção de dentina, tempo de trabalho e erros de procedimento e concluíram que a menor quantidade de cimento nas paredes dos canais foi encontrada ao usar a técnica de remoção de ultrassom e brocas. Entretanto em relação ao tempo, mais uma vez o kit de remoção de brocas apresentou-se mais rápido, enquanto que a maior quantidade de remoção de dentina também foi atribuída ao ultrassom.

Outro fator a ser considerado para a remoção do pino de fibra é a habilidade do operador. SCOTTI *et al.* (2013) submeteram dois tipos de pinos de fibra à remoção mecânica por ultrassom e por lima pro-file e subsequente broca largo, lima essa indicada para o tipo de pino de vidro utilizada. Tais procedimentos foram realizados por dois tipos de operadores - sendo o primeiro um cirurgião-dentista com dez anos de formação e experiência e outro um estudante de odontologia do quinto ano -, que



concluíram que o operador mais experiente foi mais habilidoso e dessa forma mais eficaz ao remover o pino em ambas as técnicas, levando assim menos tempo para a remoção do que o estudante. Entretanto, ambos resultaram em perdas de estrutura dentina na região apical, sendo que o estudante demonstrou uma perda maior.

Como visto, apesar dos resultados positivos, tais técnicas expõem consequências nem sempre favoráveis para um prognóstico positivo durante a remoção de pinos de fibra de vidro, apesar de não relatada em muitos estudos. ARUSKASLAN *et al.* (2019) avaliaram por meio da microtomografia (mTC) como se apresentavam as paredes dentinárias após o uso das duas técnicas de remoção: ultrassom com broca diamantada e remoção por kit. Os autores concluíram que os kits de remoção possibilitaram uma menor perda de dentina, identificando uma diferença significativa quanto à formação de microfissuras. Tais resultados só corroboraram os dados de AYDEMIR *et al.* (2018), que, ao submeterem pinos de fibra de vidro à remoção através das duas técnicas mais usadas, kit e ultrassom, os autores observaram que após remoção por estes métodos, ao aplicarem os testes de resistência à fratura, o kit de remoção não apresentava nenhuma diferença significativa, enquanto a remoção por ultrassom demonstrou uma resistência bem menor, devido à propagação de calor e à formação de microfissuras na região mais apical.

Dentro dessas perspectivas, visando a diminuir os efeitos deletérios nos elementos, o uso do microscópio operatório de forma a auxiliar tais técnicas tornou a realidade mais favorável, pois ao utilizar-se do microscópio, é possível uma análise mais detalhada não só da localização dos canais e do local do pino, bem como auxiliar durante a realização da técnica, e, por fim, após a remoção, utilizar-se da magnificação para observar a quantidade remanescente de cimento e guta-percha nas paredes (BISPO *et al.*, 2009). Neste contexto, BENASSI *et al.* (2008) avaliaram a estrutura das

paredes dentinárias após a remoção das fibras por ultrassom e concluíram que microscopicamente não apresentavam diferenças estruturais significativas indo na direção contrária de estudos anteriores que afirmavam que existiam alterações estruturais significativas (HAUPT *et al.*, 2018, AYDEMIR *et al.*, 2018, ARUSKLAN *et al.*, 2019)

Um método alternativo, mas ainda mecânico, que vem ganhando notoriedade é o uso de guias endodônticas 3D confeccionadas a partir de tomografias computadorizadas Cone Beam. PEREZ *et al.* (2019) e SCHWINDLING *et al.* (2019) a partir de softwares de planejamentos para implante confeccionaram o preparo de guias com a localização exata dos pinos, extraídos pela tomografia. No primeiro, foi utilizada uma abertura menor, de cerca de 0,75mm, e um anteparo em metal para fixar e impedir o deslocamento do eixo. Ainda assim, a remoção foi feita em etapas para realizar a irrigação, uma vez que não era possível fazer uso desta. Algumas pequenas diferenças da técnica envolveram os dois artigos, mas a grande questão foi que em PEREZ *et al.* (2019), ao final, foi utilizado adicionalmente o ultrassom para remover alguns vestígios de cimento, diferente de SCHWINDLING *et al.* (2019), que por usar um diâmetro maior para a entrada da broca, cerca de 2,2 mm, realizou a remoção sem auxílio extra. Apesar disso, ambos estudos afirmaram que a guia endodôntica é eficaz e mais segura para os tecidos dentários em relação aos outros meios mecânicos de remoção. Todavia, tal técnica requer mais estudos clínicos, bem como análises com testes e microscopia para verificar as reais condições dos elementos envolvidos, e, assim, definir a técnica como uma alternativa de sucesso. Além disso, apresenta alto custo, longo tempo de procedimento e requer nível de conhecimento ainda mais específico de impressão 3D e tomografia.

Anteriormente em MAIA *et al.* (2019), foi proposta uma forma um pouco mais invasiva, mas que visava a impossibilitar a movimentação das guias. Através também

de um software e de tomografia computadorizada, conseguiram confeccionar guia com a localização exata da entrada dos canais. A diferença fundamentava-se no fato de que a adaptação da guia estabilizava nos dois dentes adjacentes, perfurando o tecido em duas áreas sob anestesia do paciente, e concluíram que tal técnica evitou um excesso de perda de estrutura e garantiu que as brocas não se desviassem do trajeto, importante principalmente para profissionais menos habilidosos.

Para gerar menos danos, a remoção de pino deverá ser o mais precisa possível. Por isso, após JANABI *et al.* (2021) avaliarem os possíveis desvios coronais e apicais, a deflexão angular e o tempo de operação, o número de contratempos foi comparado entre os grupos do estudo para determinar a precisão e a eficiência da técnica de navegação dinâmica tridimensional em relação à perfuração por broca. Levando em consideração que a técnica consiste em um rastreamento de movimento 3D em tempo real para remover pinos de fibra, os elementos passam pelo software para determinar qual seria sua localização exata e, a partir daí, através do equipamento e da ligação que ocorre entre o software e a caneta, possibilitar ir ao longo de toda a técnica guiando o seu posicionamento dentro do canal radicular. Os resultados mostraram que tal sistema é mais preciso e eficiente na remoção de pinos de fibra de vidro de dentes com canais radiculares tratados do que a técnica convencional e exigiu menos tempo, observado através da análise volumétrica e de imagens, garantindo menos efeitos deletérios aos elementos do estudo.

Ainda buscando novas técnicas que diminuam a perda de estrutura do dente, microfissuras dentinárias, perda por fratura, produza baixa alteração de temperatura durante o procedimento e reduza o tempo estendido de cadeira, DEBB *et al.* (2019) realizaram um estudo *in vitro* da remoção de pino de fibra por laser Er-Yag em comparação com o método de ultrassom. Os autores concluíram que a remoção do laser era cinco vezes mais rápida quando comparada à técnica com ultrassom, não

havendo formação de trincas e microfissuras, além do fato da temperatura durante todo o procedimento se manter abaixo da temperatura gerada com o uso do ultrassom. O laser Er-Yag utiliza comprimentos de ondas de 2940 nm (nanômetros) que ativam o monômero e as moléculas de água presentes, resultando assim em um deslocamento de resina composta. Sendo assim, em poucos minutos, ocorre a separação da resina presente nos cimentos. (DEBB *et al.*, 2019)

O laser de fato demonstra um grande avanço na remoção de pinos, por suas características. Entretanto, mais estudos clínicos devem ser feitos a fim de validar a aplicação do laser Er:Yag para remoção de pinos. (DEBB *et al.*, 2019)

E, recentemente, CHO *et al.* (2022) avaliaram a mudança de volume na região do pino após a remoção do pino de fibra, comparando o laser com o ultrassom. Realizaram tal avaliando por microtomografia computadorizada antes e depois da técnicas de remoção. E concluíram, após as análises, que ambas as técnicas não apresentavam diferença significativa de perda de volume porém, ao avaliar a perda de dentina, a remoção por laser demonstrou-se mais conservadora e, logo, uma opção melhor em comparação ao ultrassom.

A Tab.1 evidencia as diferentes técnicas e análises aplicadas para a remoção de pinos de fibra de vidro intrarradiculares.

Tabela 1. Diferentes técnicas e análises aplicadas para a remoção de pinos de fibra de vidro intrarradiculares.

<b>Autor</b>	<b>Técnicas</b>	<b>Métodos/Avaliação</b>	<b>Resultados</b>	<b>Intercorrências</b>
Gesi <i>et al.</i> , 2003	Kit de remoção com brocas; Broca diamantada; Broca Largo.	Tempo: Cronômetro	Remoção por Broca diamantada + Largo = mais rápido.	1 (uma) Broca do kit de remoção fraturada.
Lindemann <i>et al.</i> , 2005	Kit de remoção por brocas; Broca diamantada; Ultrassom.	Eficiência: Cronômetro  Eficácia: Microscopia	- Kits de broca . - Ideal: Broca + ultrassom.	Alargamento do conduto com perda de dentina apical.
Scotti <i>et al.</i> , 2013	Ultrassom; Remoção por lima Pro-File; Broca Largo	Cronômetro e Microscopia: Estudante de odontologia x Dentista formado há 10 anos.	Operador 10anos: Mais rápido e mais eficaz.	Perda de dentina independente do operador, mas com grau mais acentuado no menos experiente.

Aydemir <i>et al.</i> , 2018	Kit de Remoção DT e Ultrassom	Testes de resistência à fratura feitos antes e depois da remoção.	Remoção por ultrassom apresentou menor resistência.	Remoção gera muito calor que se propaga e aumenta a formação de microfissuras.
Haupt <i>et al.</i> , 2018	Ultrassom; Broca esférica; Kit de Remoção DT	- Tomografia computadorizada - Quesitos avaliados: Plenitude de remoção do pino; Tempo de trabalho; Erros de procedimento.	Eficácia maior: Ultrassom + Broca esférica. Tempo: Kit de remoção. Segurança: Não é seguro definir a melhor técnica.	Maior perda de dentina: Remoção por ultrassom e broca Perfuração lateral: Broca esférica Desvios do eixo: Em todas as técnicas.
Arukaslan <i>et al.</i> , 2019	Kit de remoção e Ultrassom	Avaliação por micro- tomografia computadorizada: Antes e depois	Maior eficácia: Remoção pelo kit, ocorreu menor perda de dentina.	Ultrassom tem maior formação de microfissuras.

Benassi <i>et al.</i> , 2008	Ultrassom	Avaliação por microscopia das paredes dentinárias	Não ocorreu diferença significativa	Não observado no estudo
Perez <i>et al.</i> , 2019	Guia endodôntica 3D	Relato de caso: Tomografia Cone-Beam; Sistema de planejamento de implantes; Impressão 3D da guia.	Remoção de pino com broca 0,75mm e uso adicional de ultrassom.	Necessitam de mais estudos.
Shiwilding <i>et al.</i> , 2019	Guia endodôntica 3D	Relato de caso: Tomografia CB; Software de planejamento; Impressão 3D.	Abertura de 2,2 mm para passagem da broca. Remoção com sucesso.	Necessitam de mais estudos.
Maia <i>et al.</i> , 2019	Guia endodôntica 3D	Tomografia; Software; Adaptação em tecido dentário.	Menor perda dentária	Mais invasivo e necessitam de mais estudos.

Debb <i>et al.</i> , 2019	Laser Er-Yag e Ultrassom	Tempo; Microscopia; Temperatura.	Remoção 5x mais rápida. Temperatura muito mais baixa durante o procedimento.	Fratura da ponta do equipamento do laser. Dois pinos durante o processo foram fraturados e descartados da avaliação.
Silva <i>et al.</i> , 2020	Broca esférica (baixa rotação) + ultrassom e Ultrassom	Avaliação do tempo: Cronômetro	Melhores: Remoção por broca esférica com baixa rotação e ultrassom.	Não levantaram nenhum evento ou consequência.
Janabi <i>et al.</i> , 2021	Técnica de navegação dinâmica tridimensional	Avaliação do tempo e Análise volumétrica por microtomografia computadorizada (mCT).	Melhores resultados do que a técnica convencional( Brocas).	Faltam mais estudos



Cho et al., 2022	Laser e Ultrassom	Análise volumétrica por ( $\mu$ CT)	Não apresentaram diferença significativa, mas o laser preserva mais.	Faltam mais estudos
------------------	-------------------	-------------------------------------	--	---------------------

### 1.3 INTERAÇÕES QUÍMICAS

#### 1.3.1 Ácido fosfórico e ácido fluorídrico

Os retentores intrarradiculares ou pinos apresentam superfícies lisas ou serrilhadas e formatos variados entre cônicos, paralelos ou arranjo paralelo-cônico, além de possuir diâmetros diferentes, de 0,5 mm, 1 mm, 2 mm e 3 mm. A escolha de seu emprego irá depender do diâmetro do conduto radicular a ser ancorado. (BARBOSA *et al.*, 2016).

Os pinos do tipo de fibra de vidro apresentam uma estrutura formada por filamentos de fibra de vidro compostas por sílica, alumínio e óxido de magnésio, dispostos longitudinalmente combinados a uma matriz de resina composta. Essas fibras são orientadas ao longo eixo do pino de forma paralela, condensadas, formando um corpo único, sólido, resistente e biocompatível com o dente. Sua composição fibro-resinosa permite uma melhor adesão aos cimentos resinosos e, conseqüentemente, maior retentividade no canal radicular em que será cimentado. (PRADO *et al.*, 2014).

De fato, por apresentar esta composição estrutural, ocorre a necessidade de melhorar a sua retenção micromecânica e facilitar o processo de adesão, logo, diferentes tratamentos de superfície dos pinos a fim de permitir uma melhor adesão e

resistência foram estudados. Como em MAJETI *et al.* (2014), que avaliaram a influência do ácido fosfórico como condicionador de superfície e concluíram que o emprego do ácido fosfórico 37% por 15s obtinha resultados significativos na resistência de união, enquanto que em protocolos de 30 a 60s, apesar de também apresentar bons resultados, geravam danos irreversíveis à integridade da fibra. Logo, corroborando com FARIA *et al.* (2013), o ácido fosfórico em conjunto com a aplicação de silano aumentou a resistência de união dos pinos de fibra enquanto, o uso do sistema adesivo, após a aplicação destes, não alterava seus resultados perante a resistência.

Baseado neste mesmo contexto, porém buscando resultados de testes de resistência a tração, D'ARCANGELO *et al.* (2007) concluíram que os pinos condicionados, com o ácido fosfórico 30% e ácido fluorídrico 9,5 % por 15 segundos, apresentavam melhor resistência à tração devido à alteração na morfologia de sua estrutura, que passou a apresentar pouca ou nenhuma matriz de resina e até mesmo fibras fraturadas aumentando o embricamento mecânico. Por sua vez, SARICAM *et al.* (2020) avaliaram que o ácido fluorídrico usado como condicionador de pinos de fibra, após submetê-los a testes de *push-out* - depois do processo de cimentação resinosa - também aumentavam as forças de adesão ao criar regiões de microporosidades decorrentes da perda da matriz mais externa da fibra do pino.

Em contrapartida, DANESHAZEMI *et al.* (2016) avaliaram que o ácido fosfórico 35% utilizado como tratamento de superfície do pino em períodos de 1 min a 5 min não alteravam a força de adesão, enquanto que somente o uso do silano atuaria melhor nesta propriedade. Mas vale ressaltar que os autores encontraram em microscopia áreas de fratura ou desalojamento das fibras mais externas dos pinos, causadas pelos ácidos, ao mesmo tempo que fibras mais internas permaneciam intactas, o que se assemelharia aos resultados citados anteriormente.

Outros estudos avaliaram como os diferentes tratamentos de superfície atuavam e obtiveram resultados parecidos, como MACHRY *et al.* (2020), que avaliaram como diferentes tratamentos de superfície em um pino de fibra reagiriam a testes de *push-out* e de resistência de união. Os autores concluíram que, tanto na forma mecânica como na química, o uso do ácido hidrófluorídrico ou do jateamento de partículas de alumínio obtinha melhores resultados nos testes quando após estes eram submetidos ao processo de silanização. Entretanto, nenhum tipo de tratamento obteve resultados significativos nos testes de *push-out*. Já CEKIC-NAGAS *et al.* (2011) avaliaram se diferentes tratamentos de superfície do pino afetariam a resistência de união após a cimentação resinosa e concluíram que o ácido hidrófluorídrico 9,6% por 60s associado com a silanização e o jateamento com óxido de alumínio contribuíam para um significativo aumento na força de adesão. Ambos justificam tais resultados devido dissolução de parte da matriz de resina epóxi.

Com a finalidade de avaliar como diferentes ácidos em concentrações e tempos diferentes atuavam em diferentes tipos de fibras, AKSORNMUANG *et al.* (2017) utilizaram as fibras de vidro reforçadas por zircônia (Rely-X Post), as fibras de vidro com resina (Tenaxfiber) e as fibras de quartzo (DT light- Post) expostas ao ácido hidrófluorídrico (HF) 4,5 % por 60s; HF 4,5 % por 120s; HF 9.6 % por 60s; e HF 9.6 % por 120s. Em relação ao Rely-X, os condicionamentos com 4.5% 60s, 9.6% 60s e 9,6% 15s não levaram a modificações. Entretanto, quando submetidos a tempos superiores de 60s, as fibras foram desalojadas da superfície deixando apenas sulcos na matriz. No grupo do TenaxFiber, uma grande quantidade de microporos pode ser observada em qualquer concentração a partir de 60s, e, por último, os DT-light posts que apresentaram alterações mesmo no intervalo de tempo menor que 15s, enquanto nas maiores exposições foram identificados poros e fraturas na superfície da fibra. Os

autores ainda expuseram que, apesar das grandes mudanças em suas estruturas e topografias, as propriedades flexurais do pino não foram alteradas.

Portanto, é possível concluir que existe uma alteração da superfície, objetivada pela obtenção de uma rugosidade superficial (MAZZITELLI *et al.*, 2008) quando os pinos são submetidos a tratamentos com ácidos. Tais ácidos vão atuar de maneira seletiva atingindo a matriz de resina epóxi, que, por sua vez, vai alterar a rugosidade superficial, aumentando a área disponível e criando mais espaços micro-retentivos, atingindo então o objetivo que é aumentar a adesão e a retenção dos mesmos. Por fim, todos os estudos apresentados não relataram inutilização do pino por fratura devido a tais ações.

### **1.3.2 Cimentos Resinosos**

Os cimentos utilizados na cimentação dos pinos de fibra são os cimentos resinosos, cimentos estes que são resinas compostas, porém com menor quantidade de carga, a fim de apresentarem a fluidez necessária à cimentação. Isso quer dizer que a base é o sistema monomérico BIS-GMA (Bisfenol-A metacrilato de glicidila) em combinação com monômeros de baixa viscosidade, além de cargas inorgânicas (vidros com cargas metálica, SiO<sub>2</sub>) tratadas com silano. As partículas inorgânicas se apresentam nas formas angulares, esféricas ou arredondadas, com conteúdo em peso variando de 36 a 77% e diâmetro médio entre 10 e 15µm. Os agentes de união são monômeros resinosos bifuncionais polimerizáveis (4-META, PMDM, HEMA e outros) e solventes orgânicos: água, acetona e álcool. Isso confere adesão à dentina, enquanto a adesão ao esmalte é conferida pelo condicionamento ácido. (CARVALHO & PRAKKI, 2001).

As propriedades de sorção e solubilidade dos materiais resinosos têm um valor importante na durabilidade de restaurações indiretas, pois o objetivo é que o material seja impenetrável e suscetível a fluídos orais e resistir a dissolução ao longo da vida. Visto isto, MARGHALANY (2012) avaliou as propriedades de sorção, solubilidade e alteração de massa de cimentos auto-adesivos (G-Cem, Rely-X U-100, Rely-x Unicem) submetendo-os à água destilada e ao ácido láctico. Assim, concluíram que todos os materiais sofreram ação da água e do ácido láctico, Entretanto, de forma diferente, devido à estrutura de suas moléculas não estarem dispostas iguais, o cimento G-CEM foi o que apresentou maiores diferenças em sorção, solubilidade e alteração de peso, enquanto o Rely-X Unicem demonstrou-se melhor em relação aos outros cimentos, porque apesar de todos apresentarem o ácido fosfórico em sua composição, o Rely-x Unicem realizava ligações menos hidrofílicas.

Em outro momento, o ácido láctico e outros ácidos produzidos pela placa dentária já foram observado também por (DE GEE *et al.*, 1996),que concluíram que ele apresenta efeitos prejudiciais na face de materiais à base de resina polimérica.

Neste mesmo contexto de sorção e solubilidade, PETROPOULOU *et al.* (2015) avaliaram como três tipos de cimentos - um convencional, dois auto- adesivos e dois auto-condicionantes - comportavam-se ao serem submetidos a testes ISO (International Organization for Standardization) 4049 (2019) para avaliar tais propriedades e concluíram que apesar de todos apresentarem valores mais baixos que o estabelecido pelo padrão, apresentaram interação com água. Porém, os cimentos auto-condicionantes e os auto-adesivos apresentam valores de sorção e solubilidade mais altos que o controle (convencional) e que tais valores eram presentes devido às moléculas e cadeias ácidas existentes em suas estruturas químicas e às reações que as mesmas realizavam resultando em compostos mais hidrofílicos.

Por outro lado, os cimentos endodônticos surgiram devido à importância da obturação dos canais radiculares, porém, visando ao melhor selamento dos canais e também à maior força de adesão a estes. Os cimentos endodônticos à base de resina epóxi foram inseridos no mercado na década de 70 e, desde então, sofreram algumas modificações que possibilitaram o seu uso hoje devido às suas excelentes propriedades físico-químicas. (SOUZA, 2007).

Entretanto, a fim de realizar o retratamento endodôntico, em algum momento a remoção deste material será necessária, seja porque o tratamento endodôntico falhou ou mesmo para preparar o conduto para inserção de um pino. As técnicas de remoção variam de técnicas mecânicas, por calor e/ou uso de solventes, sendo o objetivo remover a guta -percha. (HANSEN, 1998)

A partir deste ponto, objetivando avaliar a interação química dos solventes com o material resinoso, no campo endodôntico, se torna fundamental avaliar os estudos existentes na literatura sobre este tema.

MARTOS *et al.* (2011) avaliaram a eficácia do eucaliptol, óleo de laranja, xylol e clorofórmio como solventes de diferentes tipos de cimentos endodônticos, como o Epiphany, cimento resinoso, e concluíram após submeter os corpos de prova aos solventes por determinados períodos de tempo e submetê-los à pesagem antes e depois, que o Xylol demonstrou ser o solvente com a maior efetividade seguido pelo clorofórmio e óleos essenciais (eucaliptol e óleo de laranja). Entretanto, deve-se levar em conta a toxicidade e o potencial carcinogênico do clorofórmio. Já FERREIRA *et al.* (2017) avaliaram como alguns solventes atuaram na dissolução de um cimento obturador a base de resina epóxi. Os solventes utilizados foram: eucaliptol, xylol, clorofórmio, endosolv R, Endosolv E, Metil-Etil -Cetona (MEK / MEC) e Etil-acetato. A avaliação foi feita por análise da perda de peso, microdureza Vicker, microscopia eletrônica de varredura e difração de raios-x, e concluíram que tanto o MEC, quanto

o etil-acetato apresentavam alta habilidade de dissolução quase tão boa quanto o clorofórmio, demonstrando serem produtos que podem substituir o clorofórmio em relação aos outros solventes.

O uso do xilol como solvente também já foi submetido a testes anteriores. KFIR *et al.* (2012) avaliaram dois tipos de cimentos à base de resina epóxi submetidos ao xilol e clorofórmio em intervalos de 1 e 2 minutos e concluíram que o xilol tinha um resultado significativo para um dos cimentos (AH26), enquanto o outro não possuía relevância porém, concluíram que o clorofórmio não possuía efeito significativo. Este último resultado contrariando outros estudos como o de BRODUMLU *et al.* (2008), que afirmaram que o clorofórmio atuando em tempos de 2/5 ou 10 minutos em corpos de prova com cimento endodôntico resinoso resultaram em perda de massa em todos os intervalos aos quais foram submetidos.

A fim de ampliar o conceito de remoção química dos cimentantes, KELES *et al.* (2009) trouxeram a avaliação de soluções que são utilizadas como irrigantes dos canais, antes da obturação final, mas apresentam um papel de remover *smear layer*. Com isso, avaliaram o papel do NaOCl e do EDTA em intervalos de tempo de 2 e 10 minutos frente a cimentos à base de resina e cimento de óxido de zinco e eugenol e concluíram que este apresentava uma solubilidade maior porém, o cimento à base de resina demonstrou resultados significativos em análise de perda de peso frente ao EDTA. Em contrapartida, não houve resultado significativo nas soluções e nos tempos de NaOCL estudados.

## 2. JUSTIFICATIVA

---

Dessa forma, a remoção de pinos de fibra de vidro de forma segura, eficaz e eficiente ainda não é totalmente assegurada, necessitando desenvolver novas técnicas que possam se desprender da questão mecânica e buscar no âmbito físico-químico dos materiais envolvidos formas de liberar ou quebrar a união adesiva que é atingida pela união cimento-dentina-pino.



### **3. OBJETIVOS**

---

#### **3.1 OBJETIVO GERAL**

O objetivo do presente estudo é avaliar o potencial de degradação de diferentes soluções, ácidos, solventes e quelantes nos cimentos resinosos utilizados na cimentação de pinos de fibra de vidro intrarradiculares.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Os objetivos específicos são:

- Avaliar qualidade da interface cimentante através de análises radiográficas em diferentes incidências radiográficas;
- Avaliar a interface de união entre pino de fibra de vidro intrarradicular e cimento resinoso através da propriedade de sorção e solubilidade após ação de agentes químicos;
- Desenvolver um biomaterial que auxilie na remoção de pinos de fibra de vidro e cimentos resinosos do canal radicular.

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

---

### 4.1 COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

O projeto foi submetido ao comitê de ética em pesquisa da Universidade do Grande Rio (UNIGRANRIO) sob o número: CAAE 58114922.8.0000.5283.

### 4.2 PREPARAÇÃO E OBTURAÇÃO DOS CANAIS RADICULARES

Foram utilizados 66 pré-molares humanos unirradiculares, obtidos do BANCO de dentes da Universidade do Grande Rio (UNIGRANRIO), com diâmetro e comprimento de raiz semelhantes, com raízes retas e completo desenvolvimento radicular. Como critério de exclusão, não foram utilizados dentes com tratamento endodôntico realizados previamente.

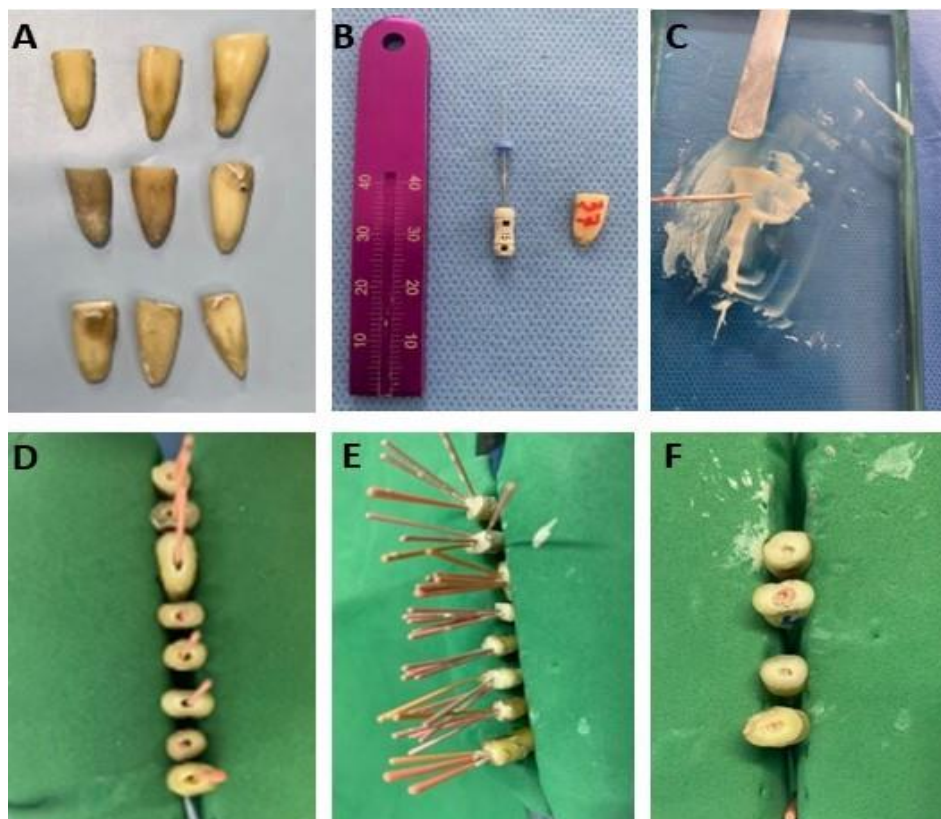
Previamente, cálculos e restos de tecido mole foram removidos de todos os dentes utilizados.

Em seguida, as coroas foram seccionadas na junção cimento-esmalte usando um disco de carborundum sob refrigeração com água. (ABREU *et al.*, 2020)

Uma lima endodôntica tipo Kerr 10 (Mani Inc., Japão) foi colocada passivamente até atingir o forame apical, para obter a patência. O comprimento de trabalho estabelecido como 1,0 mm aquém do que o comprimento medido. Todas as raízes foram preparadas com limas K de aço inoxidável (Mani Inc.) usando a técnica escalonada, sob irrigação com Hipoclorito de sódio (NaOCl) a 2,5% após cada troca do instrumento.

Os canais foram secos com pontas de papel. Os canais radiculares foram obturados usando compactação vertical e lateral a frio com guta-percha e cimento de

canal radicular Sealer 26 (Dentsply-Sinora, Lote 376234N, Konstanz, Alemanha). Em seguida, os dentes foram selados com cimento temporário e imersos em solução salina (**Fig.1**), por 48h.



**Figura 1.** Preparo e obturação dos canais radiculares. Dentes após a secção da seção coronária (Imag. A), seguindo para a odontometria e instrumentação do canal (Imag. B) e preparo da pasta obturadora (Imag. C). A imagem D demonstra a adaptação do cone de guta percha, e a Imagem E demonstra a obturação dos canais com a pasta obturadora, a condensação lateral com os cones acessórios e a posterior remoção do excedente obturador.

#### 4.3 CIMENTAÇÃO DOS PINOS DE FIBRA DE VIDRO

Decorridas 48 horas da obturação dos canais radiculares, foi iniciado o protocolo de preparo e cimentação dos pinos de fibra de vidro.

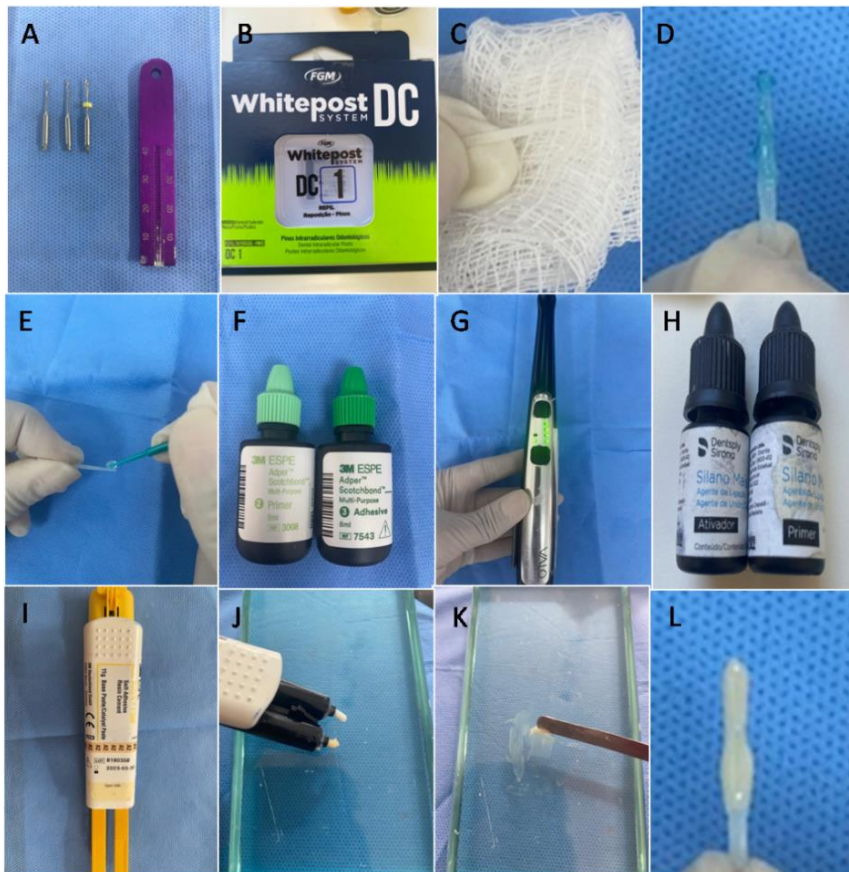
O material obturador do canal radicular foi removido com as Largo # 2 ou #3 e Brocas Gates Glidden (Dentsply Maillefer, Suíça) #2 ou #3. Os pós-espacos foram preparados a uma profundidade que permitisse a manutenção de 3 a 4mm apicais de material obturador. Em seguida, canais radiculares foram irrigados com 5 ml de água

destilada e secos com pontas de papel absorvente (All Prime #45), seguindo para o protocolo de cimentação dos pinos de fibra de vidro.

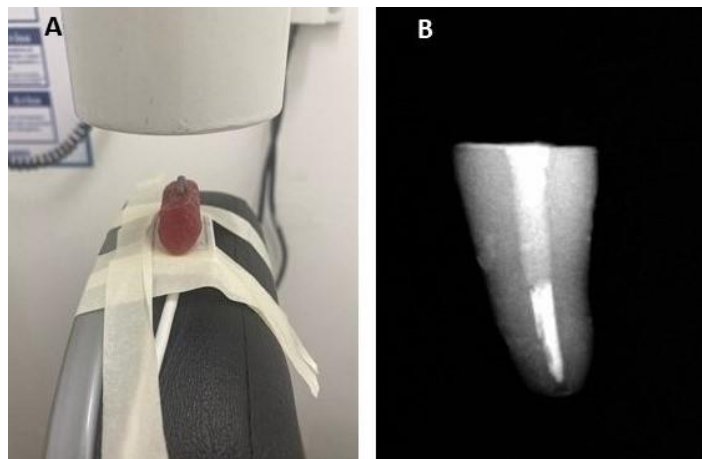
A seleção dos pinos ocorreu entre os tamanhos #1 e #2 com a finalidade de se adaptar às características da anatomia radicular de cada elemento (**Apêndice 1**).

Os protocolos para tratamento de superfície do pino de fibra ainda não apresentam um consenso estabelecido, de acordo com Pegoraro *et al.* (2014). O pino de fibra de vidro foi limpo com álcool 70º, com posterior aplicação do ácido fosfórico 37% por 60 segundos, lavagem com água corrente, secagem com ar e aplicação de silano (Silano Mais, lote:371974M. Denstplay, Sirona), aguardando 1 minuto para realizar a secagem com ar, e posteriormente foi aplicado o adesivo fotopolimerizável (Adper ScotchBond multipurpose, 3M ESPE) de acordo com as instruções do fabricante e, em seguida, fotoativado com fotopolimerizador VALO Cordless (série:K20629). Após o condicionamento do pino, foi realizada a cimentação com cimento resinoso Rely-X U200 ( Lote:8180358, 3M ESPE) e fotopolimerizado (VALO Cordless, K20629).

Ao final, todos os dentes foram radiografados em duas posições distintas: face mesial-distal e face vestibular-palatina voltada para colimador, em Rx digital, utilizando a mesma incidência radiográfica (0,1 Kvt/s), a fim de verificar possíveis formações de bolhas, *gaps* e o correto posicionamento dos pinos de fibra de vidro (**Fig. 2 e 3**).



**Figura 2.** Sequência de cimentação dos pinos de fibra de vidro. Sequência de cimentação dos pinos intrarradiculares, com a seleção das brocas Largo #2 e #3 (Imag. A) e dos pinos de fibra de vidro (Imag. B). Os pinos de fibra foram limpos com álcool (Imag. C), seguidos pela aplicação de ácido fluorídrico (Imag. E), e de silano e adesivo (Imag. F e H), com subsequente fotopolimerização com fotopolimerizador VALO (Imag. G). Preparo do cimento resinoso (Imag. I, J e K) com distribuição do cimento no pino (L).



**Figura 3.** Tomada radiográfica digital dos corpos de prova. Demonstração da fixação dos corpos de prova (Imag. A) seguidos da tomada radiográfica (Imag. B).

#### 4.4 SECÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

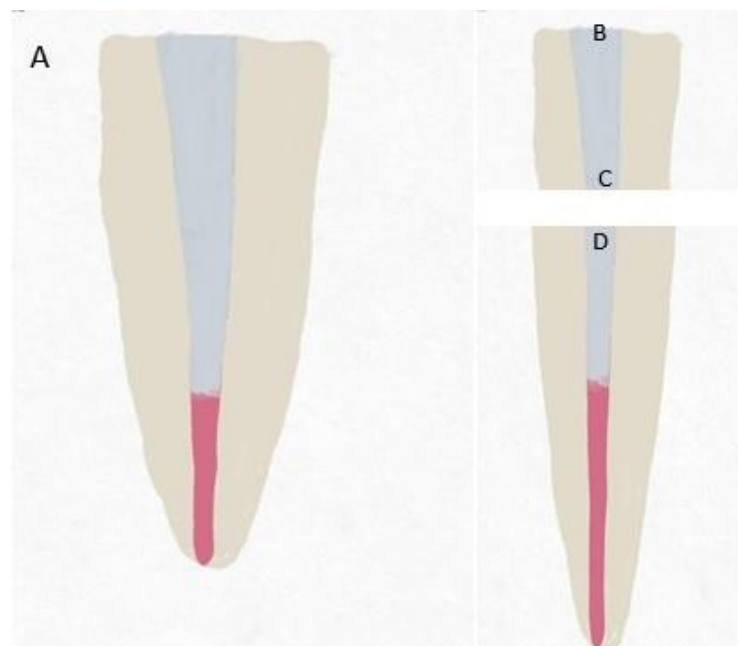
A última etapa de preparo dos Cps consistiu em seccionar transversalmente os 28 Cps com disco de serra diamantado duplaface total (American Burss), garantindo assim para cada corpo de prova 2 áreas de superfície contendo a interface dentina, pino de fibra de vidro e cimento resinoso (Den /PFibr/CRes). Logo, o corte superior do corpo de prova possuía uma superfície de interface Den/PFibr/CRes superior e outra inferior, enquanto que a outra metade inferior do corpo de prova possuía 01 superfície de interface Den /PFibr/CRes superior seguida da obturação do canal radicular na região apical (**Tab. 2, Fig. 4 e Fig.5**).

**Tabela 2.** Distribuição das superfícies a serem analisadas em cada corpo de prova.

<b>Corpo de prova</b>	<b>Secção superior</b>	<b>Secção inferior</b>
Superfície de interface dentina, pino de fibra de vidro e cimento resinoso (Den/PFibr/CRes) para avaliação de cada Corpo de prova.	n:02	n:01



**Figura 4.** Secção dos Corpos de prova. Microretífica utilizada na secção (Imag. A) e o disco de serra diamantado dupla face total (Imag. B) utilizada para o corte dos Cps (Imag. C).



**Figura 5.** Ilustração das faces analisadas no corpo de prova. Corpo de prova íntegro (Imag.A). Faces analisadas após a secção, com porção superior com a interface dentina/pino/cimento resinoso (B), porção inferior com interface dentina/pino/cimento resinoso (C), porção final com interface dentina/pino/cimento seguida da gutta do tratamento endodôntico (D).

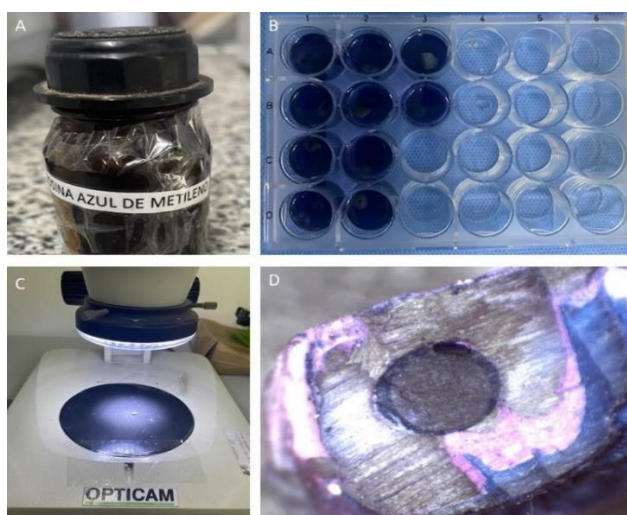
## 4.5 ENSAIOS DE DEGRADAÇÃO

### 4.5.1 Preparo para ensaio de degradação

Inicialmente, os corpos de prova foram imersos em corante azul de metileno a 2% (E. MERCK, KG, Darmstadt, Alemanha). As amostras foram depositadas em placa de cultivo de 24 poços com um volume de 1,5 ml da solução de azul de metileno em cada poço por 24 horas em dissecadora a 37°C. Posteriormente, os Cps seguiram para enxágue com soro fisiológico para remover o excesso do corante (SALIM *et al.*, 2018).

Após a coloração, os Cps foram examinados com ampliações de 20x e 30x em estereomicroscópio óptico (Discovery V20, Carl Zeiss, Göttingen, Alemanha), com o auxílio do software TSVIEW 7.2.1.1 (Tucsen Imaging Technology Co.) permitindo, assim, avaliar a penetração do corante na área marginal de cada corpo de prova. (SALIM *et al.*, 2018; ABREU *et al.*, 2020). Tal técnica possibilitou avaliar a existência de possíveis interfaces pré-existentes, quantificando a microinfiltração inicial, para posterior comparação após os ensaios de imersão (**Fig.6**).





**Figura 6.** Impregnação na interface dentina, cimento resinoso e pino de fibra de vidro. Imagem A: Solução de azul de metileno 2% dispostos nos poços para impregnação (Imag. B). Aparelho de estereomicroscopio óptico (Imag.C) e imagem obtida com software TSVIEW (Imag.D).

#### 4.5.2 Propriedades de Sorção e Solubilidade

Nesta etapa, foram determinados os parâmetros iniciais dos Cps, com a finalidade de levantar os dados e realizar cálculos para a propriedade de sorção e de solubilidade, utilizados na avaliação de durabilidade, degradação e dissolução de materiais resinosos (SILVA *et al.*, 2011). Isto posto, foram realizadas as medidas e os procedimentos necessários descritos abaixo, levando em consideração as seguintes etapas e fórmulas ( MARGHALANI *et al.*, 2012):

Inicialmente, foi determinada a massa inicial dos Cps ( $M_1$ ) após a avaliação microscópica inicial. Os Cps foram pesados, em triplicata, em balança milissemal (Bioscale). Em seguida, foram realizadas as medições de espessura dos Cps, com auxílio de um micrômetro externo (MITUTOYO, Modelo E-347 0- 25mm), em cinco pontos. Destes, quatro medições foram realizadas nas extremidades de cada Cp, sendo dispostas estas medições em faces opostas. A quinta medição foi realizada no

centro do  $C_p$ , a fim de obter o volume ( $V$ ) em  $\text{mm}^3$ , onde  $r$  é o diâmetro da amostra e  $h$  é a média da espessura obtida a partir dos pontos determinados na fórmula abaixo:

$$V = \pi r^2 h$$

No momento seguinte, imediatamente após os ensaios, as amostras foram levemente secas com papel absorvente e pesadas para determinada a massa imediatamente após os ensaios ( $M_2$ ). Posteriormente, as amostras foram armazenadas em dissecadora (Sterilifer, Modelo: 1,2 DTMC) a  $37.5^\circ\text{C}$ , por 24 h. Após este período, foi determinado o  $M_3$ , onde os  $C_p$ s foram pesados em triplicata até que atingissem uma diferença máxima de 0,0001 g. caso contrário, retornariam para novo ciclo de armazenamento em estufa. Por conseguinte, os dados foram inseridos nas fórmulas abaixo com a finalidade de obter a Sorção ( $S$ ) e a solubilidade ( $SL$ ) ( $\mu\text{g}/\text{mm}^3$ ) iniciais, antes dos ensaios de degradação:

$$S = \frac{M_2 - M_3}{V}$$

$$SL = \frac{M_1 - M_3}{V}$$

#### 4.5.3 Perda de Massa

A perda de massa vai consistir em avaliar a massa final em relação à massa inicial em gramas, com a finalidade e descobrir se as soluções utilizadas alteraram a

estrutura dos corpos. Dessa forma, foi aplicada a seguinte fórmula, levando em conta as massas obtidas nas propriedades de sorção e solubilidade:

$$P_m = \frac{M_3 - M_1}{100}$$

#### 4.5.4 Ensaio de Degradação em discos radiculares com pinos de fibra de vidro

Os Cps foram dispostos em tubos de eppendorf de 1,5ml e expostos a diferentes solventes e soluções ácidas. As soluções foram alicotadas a 1ml nos tubos eppendorf e posteriormente os Cps foram imersos nas soluções por 20 min. em banho maria a 37,5°C, pré-aquecido, sobre placa de aquecimento (Magnetic Stirrer, XMTD204), em capela de fluxo laminar (QUIMIS Modelo: 0216-11) (**Tab. 3**).

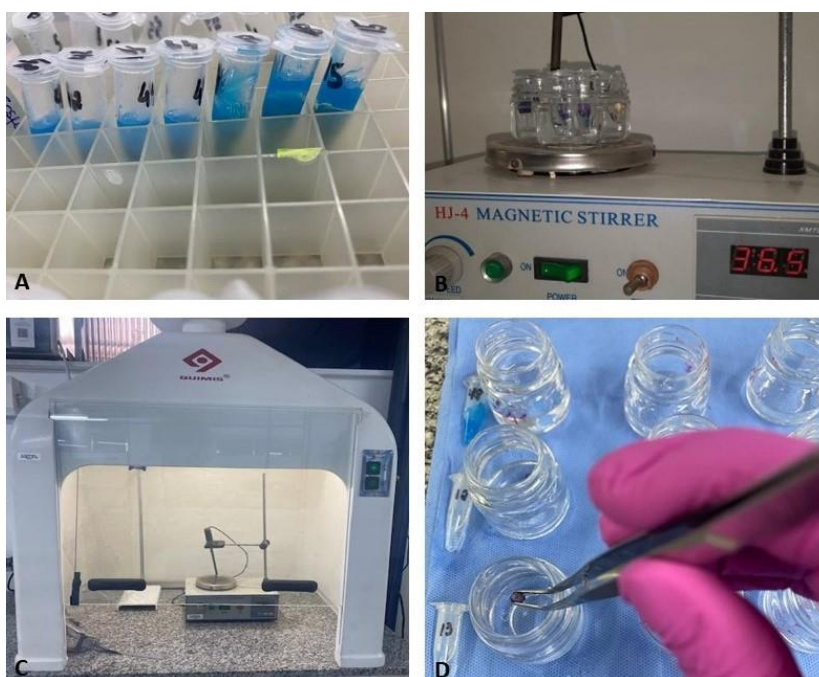
**Tabela 3.** Distribuição dos grupos no ensaio de degradação. Corpos de provas submetidos a diferentes solventes e soluções ácidas

		Metodologias utilizadas	
		Ensaio de Degradação em discos radiculares	*Ensaio de Remoção do pino de fibra intrarradicular
COMPOSTOS AVALIADOS		Propriedades de Sorção e Solubilidade	Estereomicroscopia óptica*
		Perda de massa	Faces de Interface Den/PFibr/CRes
			Micro Ct*
			DENTES* ÍNTEGROS
Controle Solução salina		n = 8 (4 dentes)	-
Ácidos	Ácido fosfórico 37%	n = 8 (4 dentes)	n = 3 (3 dentes)
	Ácido fluorídrico 9%	n = 8 (4 dentes)	n = 3 (3 dentes)

Solventes	Ácido hidrofluorídrico 10%	n = 8 (4 dentes)	n = 3 (3 dentes)
	Xylol	n = 8 (4 dentes)	n = 3 (3 dentes)
	Eucaliptol	n = 8 (4 dentes)	n = 3 (3 dentes)
	EDTA	n = 8 (4 dentes)	n = 3 (3 dentes)

\*Reservados para futuras análises

Imediatamente após o ensaio de degradação, os Cps foram imersos em três banhos de 10 min em água destilada, a fim de interromper as reações químicas (**Fig. 7**).



**Figura 7.** Ensaio de degradação. Imersão dos Cps no eppendorf em um dos ácidos do estudo (ácido fosfórico 37%) (Imag. A); banho - maria dos Cps (Imag. B) em capela de Fluxo Laminar (Imag. C) e finalização do ensaio com os banhos de água destilada (Imag. D).

Posteriormente, os Cps foram encaminhados para a pesagem final, determinando a Perda de Massa final, a Sorção final e a Solubilidade final. Para os

dois últimos parâmetros foi seguido o mesmo protocolo acima (Seção 4.5.2), sendo a primeira pesagem realizada imediatamente após os ensaios de degradação com leve secagem superficial ( $M_2$ ) e a segunda pesagem ( $M_3$ ), após o período de incubação em dissecadora a 37°C por 24h em triplicata.

#### 4.6 ANÁLISES PÓS-ENSAIOS DE DEGRADAÇÃO

Nesta etapa foram realizados os cálculos de sorção e solubilidade pós ensaio de degradação e avaliação de perda de massa.

### 5. RESULTADOS

---

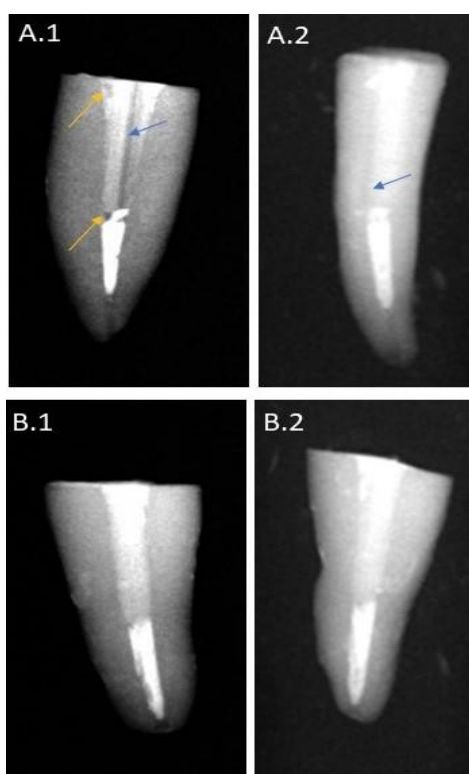
#### 5.1 AVALIAÇÕES RADIOGRÁFICAS

As radiografias foram comparadas entre os Cps e entre as diferentes posições: Mesial-Distal e Vestibular-Palatina.

A análise entre os Cps em mesmas condições revelou a presença de defeitos de cimentação sendo categorizados em: *gaps* e/ou lacunas, onde os *gaps* eram espaços menores e as lacunas os espaços que percorriam maiores áreas na interface. Muitos desses defeitos se devem pela entrada de ar na manipulação do cimento resinoso e na forma de inserção do mesmo no canal.(CACERES *et al.*, 2018,CHANG *et al.*, 2018, YILKINGAN *et al.*, 2017)

Ao comparar as diferentes incidências radiográficas, Grupo sentido Mésio-Distal (G.M-D) e Grupo sentido Vestíbulo-lingual (G.V-L), foram encontradas

condições diferentes quanto à presença destes defeitos, sugerindo ser a incidência radiográfica determinante na caracterização dos mesmos. Pode-se observar que a distribuição dos defeitos ou os trabalhos perfeitamente selados demonstravam-se diferentes, quando avaliado o mesmo Cp no sentido Mésio-Distal e Vestíbulo-lingual (Fig.8).



**Figura 8.** Análise comparativa entre as tomadas radiográficas sentido Mésio-Distal x Vestíbulo-lingual. Radiografia no sentido Mésio-Distal (Imag. A.1) revelando áreas de *gaps* (setas amarelas) e área de lacunas (seta azul) enquanto o mesmo Cp na tomada radiográfica no sentido vestibulo-lingual (Imag. A.2) revela uma menor incidência dos achados de *gaps* (seta amarela) e lacuna (seta azul). Já as imagem B.1 e B.2 revelam mesma condição de cimentação nas duas incidências realizadas.

### 5.1.1 Análise estatística

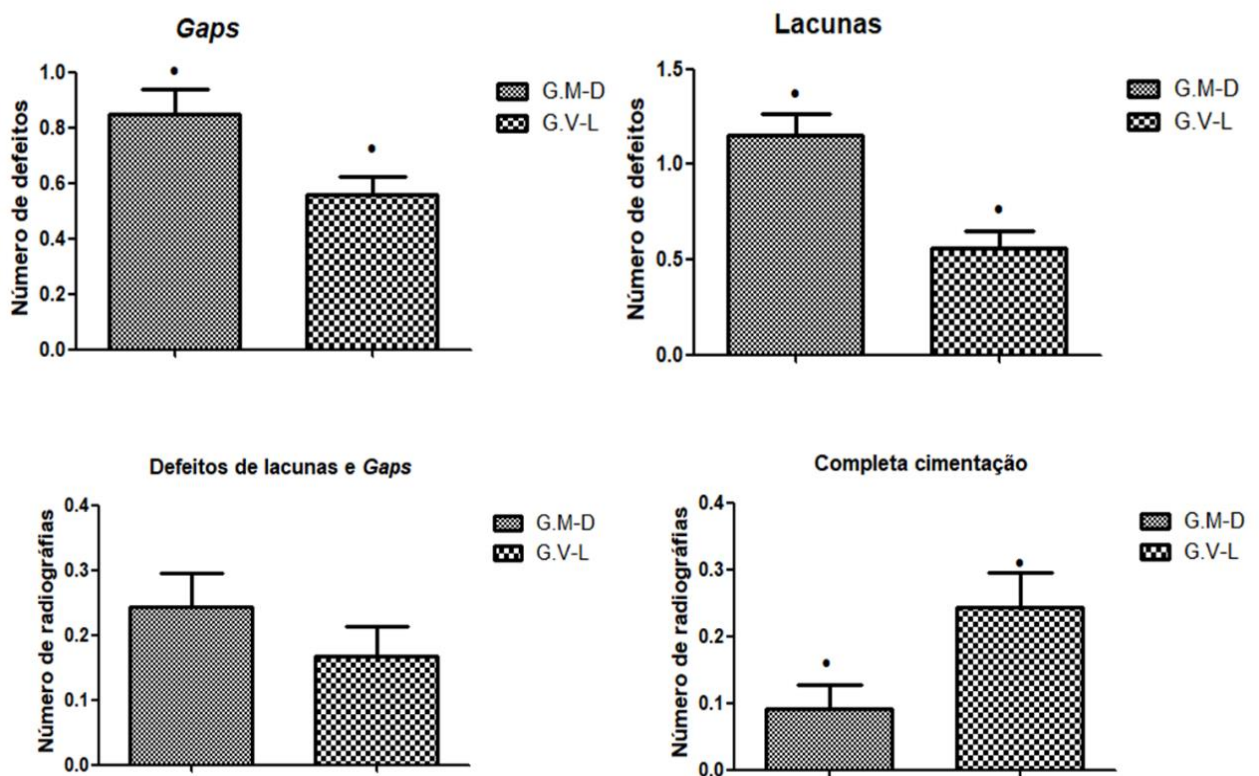
Uma vez categorizados e quantificados, os defeitos presentes nas análises radiográficas do Grupo sentido mésio-distal (G.M-D) e do Grupo sentido vestibulo-lingual (G.V-L) foram analisados utilizando o teste de Mann-Whitney, não paramétrico, com intervalo de confiança de 0,95%, através do software GraphPad Prism 5.

Os tipos de defeitos encontrados foram quantificados visualmente em cada radiografia e analisados separadamente. As ocorrências dos dois tipos de defeitos categorizados, *gaps* e lacunas foram maiores no G.M-D quando comparados ao G.V-L, revelando diferença estatística entre G.M-D e G.V-L nos defeitos de *Gaps* ( $p = 0,0260$ ) (G.M-D: média:  $0,848 \pm 0,749$  e G.V-L: média:  $0,560 \pm 0,500$ ) e lacunas ( $p < 0,0001$ ) (G.M-D: média:  $1,151 \pm 0,898$  e G.V-L: média:  $0,560 \pm 0,725$ ) (**Gráf. 1**).

A associação dos defeitos de *Gaps* e de lacunas, em uma mesma imagem radiográfica, também foi analisada, e os defeitos foram categorizados quanto ao número de ocorrências dos eventos em associação, revelando não haver diferença estatística ( $p = 0.1262$ ). Entretanto, foi possível verificar um maior número destas associações no G.M-D (média:  $0,348 \pm 0,480$ ) quando comparado com o G.V-L (média:  $0,227 \pm 0,422$ ) (**Gráf. 1**).

Paralelamente, os grupos foram comparados quanto ao número de radiografias sugestivas de completa cimentação do pino intrarradicular, sem ocorrência de defeitos, indicando o sucesso no procedimento. Esta análise revelou uma diferença significativa ( $p = 0.0202$ ) de radiografias sugestivas de completa cimentação no G.V-L (média:  $0,2428 \pm 0,431$ ) quando comparado ao G.M-D (média:  $0,090 \pm 0,289$ ) (**Gráf. 1**).

**Gráfico 1.** Análise da cimentação dos pinos intrarradiculares nos diferentes sentidos radiográficos.



• = Diferença estatística.

### 5.1.2 Análise por processamento de imagem

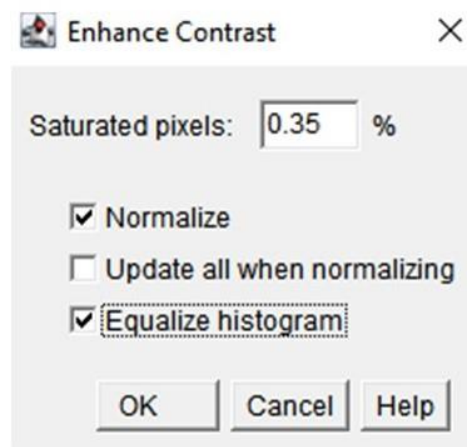
Constatada a presença de *gaps* e lacunas nas radiografias, estas foram processadas e analisadas no programa FIJI (ImageJ 1.53q, National Institutes of Health, USA).

Todas as imagens seguiram a mesma macro para o processamento e análise das imagens:

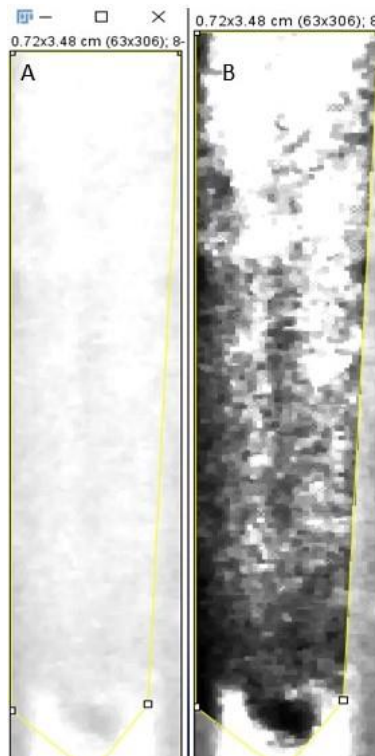
- 1- Conversão para 8 Bits;
- 2 - Seleção da região de interesse, sendo delimitada a região radicular circundante a interface de união dentina e pino intrarradicular;



3 - Enhance contrast (0,35%), com as opções de normalize e equalize, com a finalidade de gerar um padrão nos pixels (**Fig.9 e Fig.10**);

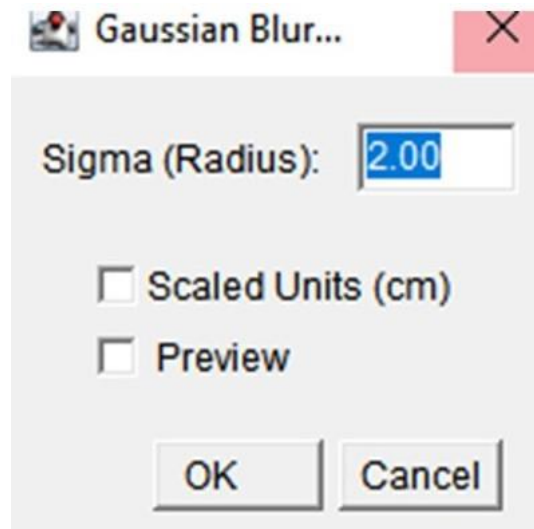


**Figura 9.** Aplicação de parâmetros da função enhance contrast.



**Figura 10.** Área inicial x área de aplicação do filtro. Área de interesse para aplicação dos filtros (Imagem A) e área de interesse submetida ao enhance contraste (Imagem B).

4 – Gaussian Blur – filtro utilizado com finalidade de diminuir o ruído dos pixels, aplicado sigma 2.00 (**Fig. 11 e Fig.12**)

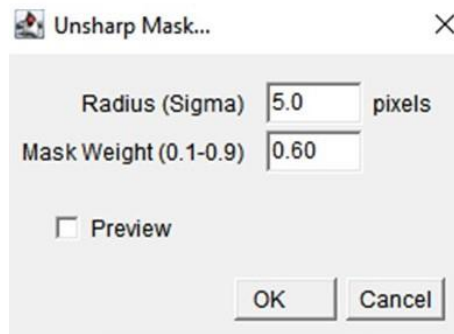


**Figura 11.** Aplicação de parâmetros para o filtro Gaussian Blur



**Figura 12.** Aplicação do filtro Gaussian Blur em área de interesse no corpo de prova

5 - Unsharp mask: para aumentar a nitidez das regiões que apresentam diferenças, aplicado sigma de 5.0 pixels e Mask Weight 0.60 (**Fig.13 e Fig. 14**);

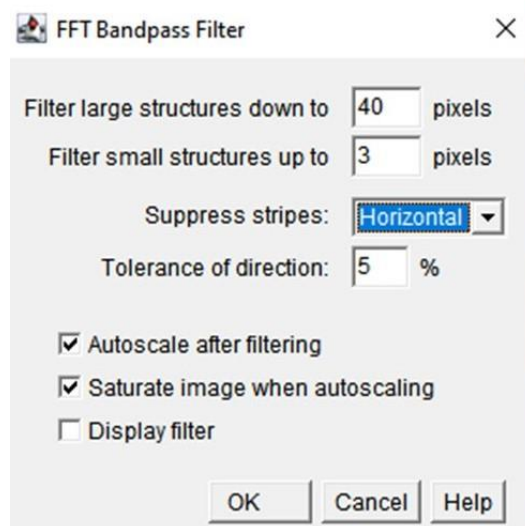


**Figura 13.** Aplicação de parâmetros para o filtro Unsharp Mask

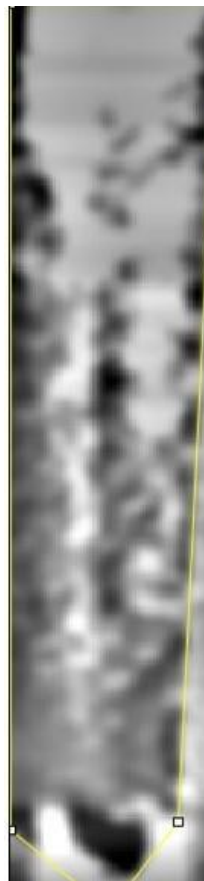


**Figura 14.** Aplicação do filtro Unsharp Mask em área de interesse no corpo de prova.

6 - FFT Bandpass Filter: filtro que evidencia as diferenças na imagem, com os parâmetros de *filter large structures down* de 40 pixels, *filter small structures up* de 3 pixels, *suppress Stripes Horizontal* e *tolerance of direction* de 5%. Com isso foi possível visualizar as diferenças tonais que não estavam tão evidentes (**Fig.15 e Fig.16**);

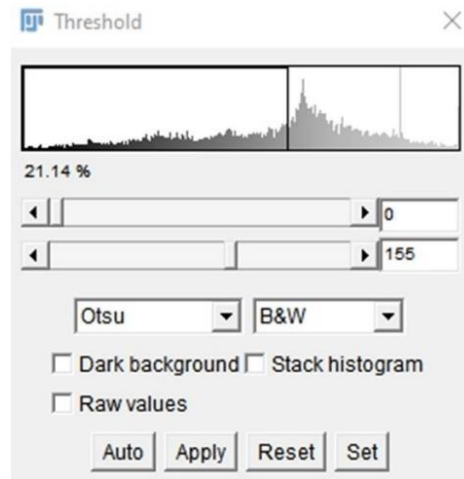


**Figura 15.** Aplicação dos parâmetros para o filtro FFT Bandpass.

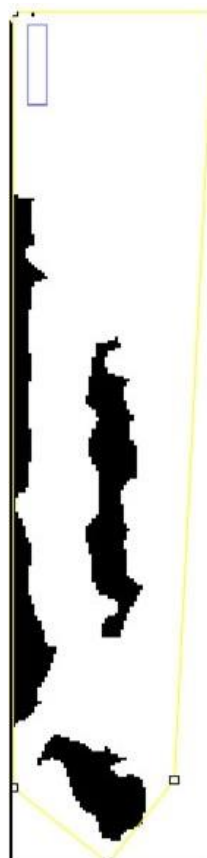


**Figura 16.** Aplicação do filtro FFT Bandpass em área de interesse no corpo de prova

7 - Threshold: Segmentação da imagem onde foi possível evidenciar as áreas de *gaps*, além de binarizar a imagem, trabalhando somente com as cores preto e branco, utilizando o filtro de Otsu (Fig.17 e Fig.18);



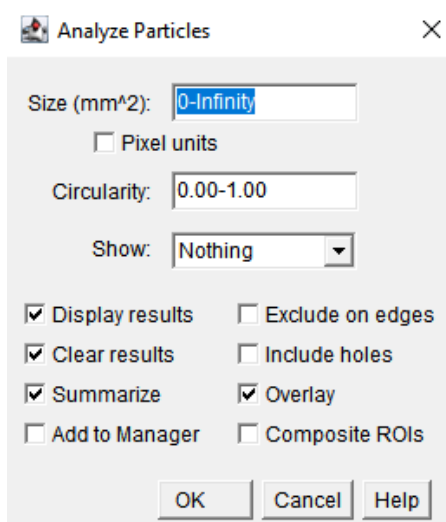
**Figura 17.** Aplicação dos parâmetros para o comando Threshold.



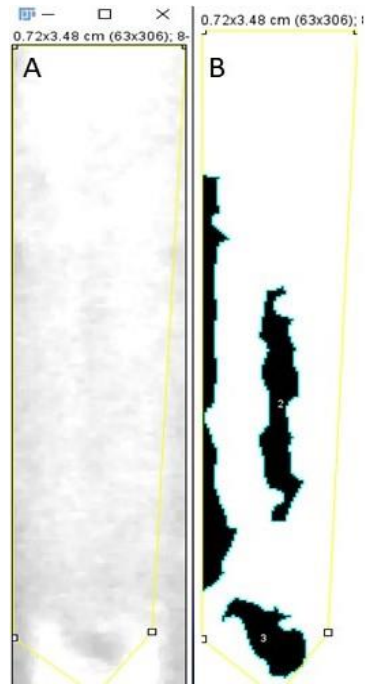
**Figura 18.** Aplicação do comando Threshold em área de interesse no corpo de prova

8 - A análise de partícula foi realizada contabilizando a área dos *gaps* ou lacunas. O primeiro campo dos parâmetros é o tamanho (*Size*) que, neste caso, é expresso em mm<sup>2</sup> e engloba o tamanho máximo e mínimo das partículas mensuradas. O segundo campo é a circularidade (*Circularity*), que varia de zero (nada esférico) até um (completamente esférico). O terceiro campo é uma série de opções que vai determinar como os objetos medidos serão mostrados. Quando selecionado *Outlines*, uma janela mostrará as partículas analisadas através de esboços numerados, enquanto *Masks* mostrará os contornos cheios e *Elipses* mostrará apenas as elipses sobrepostas às partículas.

Outras opções que podem ser selecionadas são: mostrar resultados (*Display Results*), que exibe uma nova janela com as medições para cada partícula; apagar resultados (*Clear Results*), para apagar quaisquer resultados das medições anteriores; resumir (*Summarize*), para exibir, em uma nova janela, a contagem de partículas, a área total da partícula, o tamanho médio de partícula e a fração de área; excluir nas bordas (*Exclude on Edges*), para ignorar as partículas que estão tocando a borda da imagem ou seleção (Francus & Pirard, 2004) ( **Fig. 19 e Fig.20**);



**Figura 19.** Imagem dos parâmetros utilizados na análise de partículas



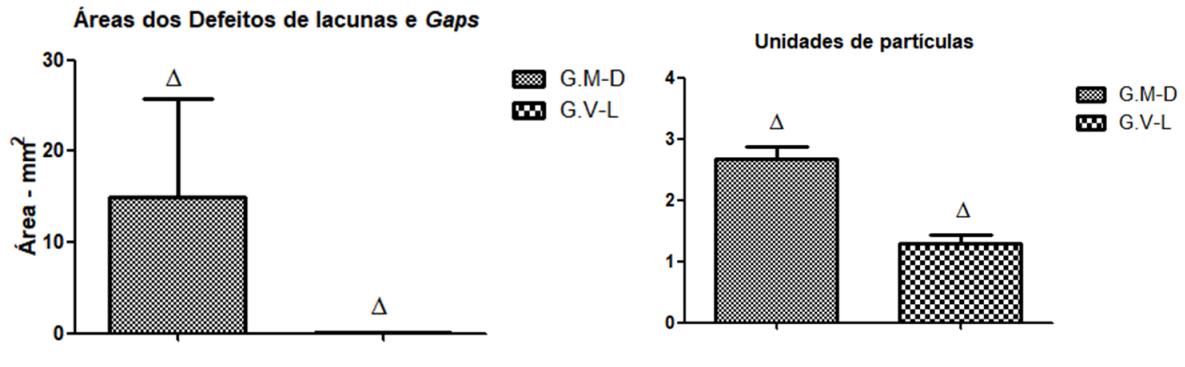
**Figura 20.** Imagem inicial x Imagem Final. Inicial sem nenhum processamento de imagem (Imagem A.) e área de interesse selecionada submetida à análise de partículas (Imagem B).

#### 5.1.2.1 Análise estatística

Para a análise estatística dos dados revelados através do processamento de imagem, do G.M-D e do G.V-L foi utilizado o teste de Mann-Whitney, não paramétrico, com intervalo de confiança de 0,95%, através do software GraphPad Prism 5.

Corroborando a análise radiográfica visual, as médias das áreas totais, de *gaps* e lacunas, foram significativamente menores ( $p = 0,0002$ ) no G.V-L (G.V-L: média:  $0,083 \pm 0,110$  pixels/mm<sup>2</sup>) quando comparada com o G.M-D (G.M-D: média:  $15,001 \pm 86,774$  pixels/mm<sup>2</sup>). A análise de unidades de partículas também seguiu o mesmo padrão, revelando diferença estatística significativa ( $p < 0,0001$ ) entre o G.V-L (G.V-L: média:  $1,287 \pm 1,133$  unid.) quando comparada com o G.M-D (G.M-D: média:  $2,666 \pm 1,629$  unid.). (**Gráf.2**)

**Gráfico 2.** Análise por processamento de imagens.



△ = Diferença estatística

## 5.2 ANÁLISE POR ESTEREOMICROSCOPIA

As amostras selecionadas e obtidas com a avaliação por estereomicroscopia da seção 4.5.1 foram reservadas para futuros ensaios e comparações

## 5.3 ENSAIO DE DEGRADAÇÃO EM DISCOS RADICULARES COM PINO DE FIBRA DE VIDRO

### 5.3.1 Propriedades de Sorção e Solubilidade

Os resultados obtidos S e SL foram analisados através do software GraphPad Prisma 5.01 (Graph Pad Software Inc), onde foram tratados através do método da análise de variância (*one-way ANOVA*) e complementados pelo post-test de *Tukey*, com nível de significância de 5% ( $p < 0,05$ ).

A propriedade de sorção não demonstrou diferença estatística significativa ( $p = 0,6685$ ) entre os grupos. Entretanto, a maior sorção foi identificada nos Cps expostos à solução salina, Grupo Controle, (média:  $0,292 \pm 0,339 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ ), seguido do ácido fluorídrico 9% (média:  $0,188 \pm 0,060 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ ); do ácido fosfórico 37% (média:  $0,181 \pm 0,104 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ ); do Xilol (média:  $0,179 \pm 0,123 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ ); do EDTA (média:

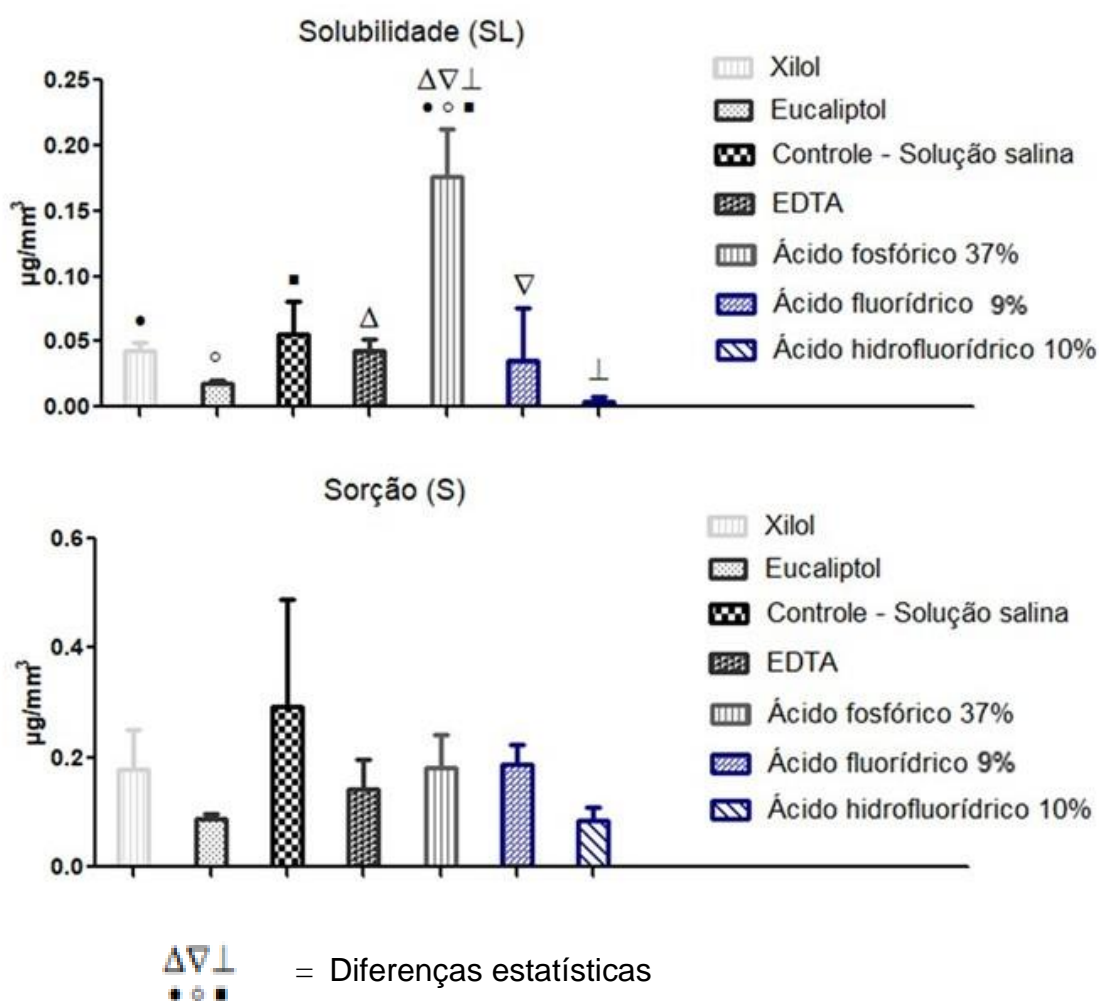


0,142 ± 0,091 µg/mm<sup>3</sup>); do eucaliptol (média: 0,088 ± 0,015 µg/mm<sup>3</sup>) e o ácido hidrófluorídrico 10% (média: 0,084 ± 0,041 µg/mm<sup>3</sup>), respectivamente.

Já a propriedade de solubilidade demonstrou diferença estatística significativa ( $p = 0,007$ ), indicando maior solubilidade nos Cps expostos ao ácido fosfórico 37% (média: 0,175 ± 0,073 µg/mm<sup>3</sup>), seguido da Solução salina (Grupo controle) (média: 0,056 ± 0,048 µg/mm<sup>3</sup>), do Xilol (média: 0,042 ± 0,012 µg/mm<sup>3</sup>), do EDTA (média: 0,042 ± 0,018 µg/mm<sup>3</sup>), do ácido fluorídrico 9% (média: 0,036 ± 0,078 µg/mm<sup>3</sup>), do eucaliptol (média: 0,018 ± 0,004 µg/mm<sup>3</sup>) e do ácido hidrófluorídrico 10% (média: 0,004 ± 0,007 µg/mm<sup>3</sup>), respectivamente.

A análise comparativa entre os grupos demonstrou diferença estatística significativa entre os grupos: Xilol (média: 0,042 ± 0,012 µg/mm<sup>3</sup>) e ácido fosfórico 37% (média: 0,175 ± 0,073 µg/mm<sup>3</sup>); eucaliptol (média: 0,018 ± 0,004 µg/mm<sup>3</sup>) e ácido fosfórico 37%; Controle – Solução salina (média: 0,056 ± 0,048 µg/mm<sup>3</sup>) e ácido fosfórico 37%; EDTA (média: 0,042 ± 0,018 µg/mm<sup>3</sup>) e ácido fosfórico 37%; ácido fluorídrico 9% (média: 0,036 ± 0,078 µg/mm<sup>3</sup>) e ácido fosfórico 37% e Ácido hidrófluorídrico 10% (média: 0,004 ± 0,007 µg/mm<sup>3</sup>) e ácido fosfórico 37%. **(Gráf.3)**

**Gráfico 3.** Análise das Propriedades de Sorção e de Solubilidade na remoção de pinos de fibra de vidro intrarradiculares.

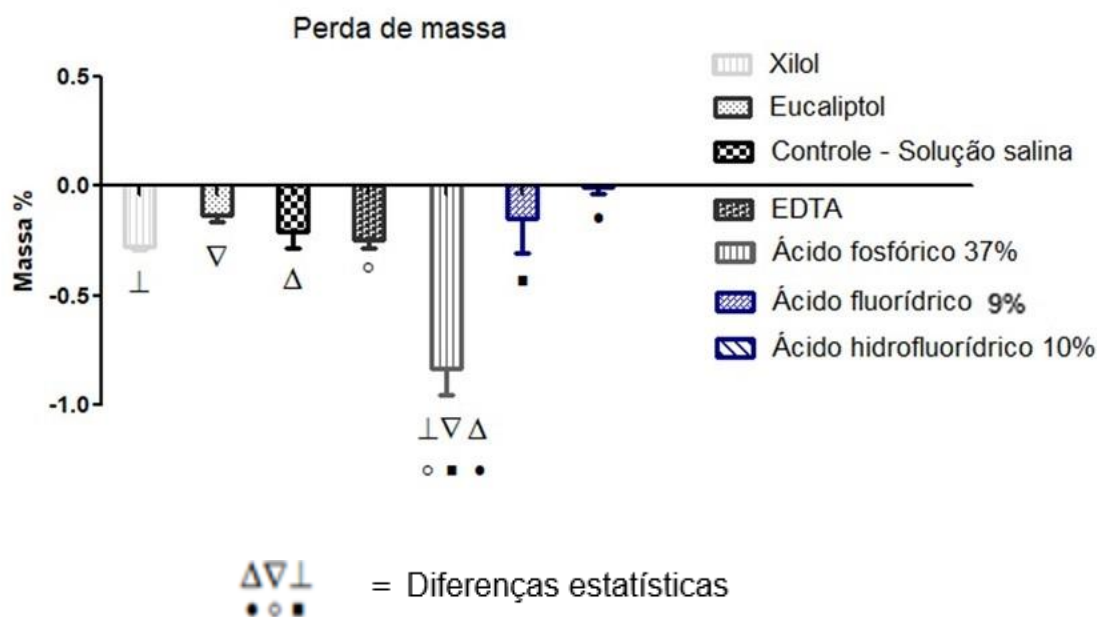


### 5.3.2 Perda de massa

A análise estatística de perda de massa demonstrou diferença estatística significativa ( $p < 0,0001$ ), indicando maior perda de massa nos Cps expostos ao ácido fosfórico 37% (média:  $- 0,83 \pm 0,072$  %), seguido do Xilol (média:  $- 0,272 \pm 0,033$  %), do EDTA (média:  $- 0,247 \pm 0,072$   $\mu\text{g}/\text{mm}^3$ ); da Solução salina (Grupo Controle) (média:  $- 0,205 \pm 0,0,151$   $\mu\text{g}/\text{mm}^3$ ), do ácido fluorídrico 9% (média:  $- 0,145 \pm 0,324$  %); do eucaliptol (média:  $- 0,132 \pm 0,061$  %) e do ácido hidrofúorídrico 10% (média:  $- 0,0025 \pm 0,059$  %), respectivamente. (Gráf.4)

A análise comparativa entre os grupos demonstrou diferença estatística significativa entre o ácido fosfórico 37% quando comparado com as demais soluções estudadas.

**Gráfico 4.** Análise da Perda de massa



## 6. DISCUSSÃO

### 6.1 ANÁLISES RADIOGRÁFICAS

Os retentores intrarradiculares ou pinos apresentam superfícies lisas ou serrilhadas e formatos variados entre cônicos, paralelos ou arranjo paralelo-cônico, além de possuir diâmetros diferentes, de 0,5 mm, 1 mm, 2 mm e 3 mm. A escolha de seu emprego irá depender do diâmetro do conduto radicular a ser ancorado. Entretanto, a correta adaptação do pino não depende apenas da escolha correta dos diâmetros do pino, mas também do processo de cimentação. (CHANG *et al.*, 2018)

Neste processo, as técnicas de cimentação de pinos de fibra podem produzir diferentes resultados como foi visto por YILKINGAN *et al.* (2017), resultando em formações de lacunas e /ou *gaps* dentro dos canais radiculares, o que pode afetar a longevidade das restaurações e o próprio tratamento clínico. As análises radiográficas, com diferentes incidências, possibilitaram identificar estas falhas existentes na interface resinosa.

O protocolo clínico idealiza a realização de uma tomada radiográfica periapical final, com a finalidade de observar a presença de *gaps* e/ou lacunas e determinar o sucesso na cimentação do retentor intrarradicular. Porém, foi observada que a incidência do raio-x pode alterar a magnitude destes achados. Logo, na primeira análise deste estudo, foi possível observar que na tomada radiográfica Vestíbulo-Lingual, comumente utilizada na clínica odontológica, houve uma diferença estatística significativa quando comparadas com a incidência Mésio-Distal. As análises demonstraram uma maior ocorrência de defeitos em lacunas e *gaps* nesta última incidência quando comparadas à incidência vestibulo-lingual, mesmo nos Cps que sugeriam uma cimentação completa na análise vestibulo-lingual, conforme avaliado no Gráfico 1.

Estes resultados possibilitaram sugerir que a radiografia vestibulo-lingual, padrão clínico, poderia mascarar falhas existentes em cimentações teoricamente ideais clinicamente, sendo necessários maiores estudos em incidências utilizando a técnica de Clark, clinicamente.

## 6.2 ANÁLISE POR PROCESSAMENTO DE IMAGENS

O ImageJ é um programa livre de análise de imagens com código aberto, amplamente utilizado, que funciona em múltiplas plataformas. Além disso, existem diversos pacotes com diferentes ferramentas aplicadas às distintas áreas do conhecimento. Dentre esses pacotes, o Fiji é muito utilizado nas ciências naturais e foi o pacote utilizado para tal. A sequência típica de operações para a análise de imagens digitais inclui a aquisição e o processamento da imagem, a mensuração das partículas e o processamento e a interpretação dos dados (BONS & JESSEL, 1996). Com base nesta sequência, os resultados obtidos através das análises corroboraram os resultados das análises radiográficas, sugerindo que as imagens obtidas no sentido vestibulo-lingual apresentavam *gaps* e lacunas menores, após a mensuração das áreas dos defeitos, com uma diferença significativa nos dados obtidos, bem como a quantidade de partículas avaliadas em cada sentido (**Gráf.2**).

Através do processamento de imagens, foi possível analisar as tomadas radiográficas. Entretanto, foi necessário um pré-tratamento das imagens reduzindo o nível de ruídos (pixels) interferentes e aumentando a nitidez e o contraste de áreas menos evidentes na etapa de avaliação visual. Ainda assim, os resultados das análises por processamento de imagem atestam o fato da posição radiográfica interferir no diagnóstico final quanto às corretas adaptação e cimentação dos pinos e, conseqüentemente, longevidade do tratamento.

## 6.3 PROPRIEDADES DE SORÇÃO E SOLUBILIDADE

A propriedade de sorção dos cimentos resinosos corresponde à durabilidade da restauração, uma vez que estes devem ser, idealmente, impenetráveis resistindo

à dissolução (MARGHALANI, 2012). Os resultados apresentados de S sugeriram não haver diferença entre as soluções empregadas, não sendo capazes de penetrar na interface do cimento resinoso ao ponto de gerar diferenças estatísticas. Quanto ao maior S dos Cps quando expostos à solução salina (grupo controle) em comparação às demais soluções, cabe ressaltar que a água é considerada um solvente fraco (MARGHALANI, 2012) e, adicionando a isso, a alta incidência de defeitos preexistentes na interface dentina, cimento resinoso e pino de fibra de vidro (demonstrados na análise radiográfica) podem ter atuado na ação desta solução, facilitando a penetrabilidade em Cps com alta incidência de defeitos prévios. MARGHALANI, (2012) já havia relatado este mecanismo de sorção da água através da teoria do volume livre, onde moléculas de água se difundem através de microvazios e de defeitos estruturais existentes nesta interface.

Outro fato a ser correspondido é que o fosfato presente na composição química do cimento resinoso utilizado neste estudo, Rely-X U200, pode formar uma ligação de hidrogênio com a água (MARGHALANI, 2012) o que pode responder à maior sorção dos Cps expostos à solução salina quando comparados às outras soluções empregadas.

Desta forma, dentro dessa perspectiva, a propriedade de sorção não apresenta resultados que afirmam que as soluções que foram utilizadas demonstram diferenças como quando abordadas no estudo.

Ao avaliarmos a propriedade de solubilidade, o fenômeno também chamado de lixiviação deve ser interpretado pela quantidade de resíduos não reagidos, de partículas e de íons liberadas refletindo em uma perda de massa do material resinoso (MARGHALANI, 2012). Monômeros que não reagiram, presos nos *gaps* ou defeitos pré-existentes na interface dentina, cimento resinoso e pino de fibra de vidro possuem maior propensão ao fenômeno de solubilidade (MARGHALANI, 2012). Estes

argumentos corroboram o achado de maior solubilidade nos Cps expostos ao ácido fosfórico 37%, uma vez que os defeitos pré-existentes, demonstrados neste estudo, podem ter influenciado de forma positiva na solubilidade destas interfaces, reagindo quimicamente com os monômeros confinados. A absorção rápida de solventes pode resultar no amolecimento do polímero (MARGHALANI, 2012), assim espera-se que a ação do ácido fosfórico 37% possa facilitar a remoção do cimento resinoso na interface de cimentação.

Além disso, o pH ácido do ácido fosfórico 37% pode atuar na dentina, pois sabe-se que o ácido atua removendo o *smear layer*, aumentando o diâmetro dos túbulos dentinários e causando a desmineralização da dentina (MATOS *et al.*, 1997). Neste fenômeno, a ação quelante do ácido pode ser um dos responsáveis pela alta SL do ácido fosfórico 37% rompendo a união do cimento resinoso com a matriz dentinária, auxiliando assim na sua remoção.

Entretanto, cabem mais estudos, para verificar e quantificar se a perda de estrutura dentinária não é deletéria para as propriedades de manutenção do elemento dentário.

#### **6.4 PERDA DE MASSA**

Os dados encontrados na perda de massa corroboraram a maior solubilidade do ácido fosfórico 37% em relação aos demais grupos. Sua maior ação quelante foi atuante tanto na interface de cimentação quanto na dentina, ao analisar os resultados da propriedade de solubilidade e os de perda de massa, respectivamente. Pelo fato dos Cps serem imersos em soluções, a ação quelante foi evidenciada nos grupos Xilol e EDTA, levando o grupo controle para escalas inferiores quando comparado com a escala de ação na propriedade de sorção. Tal fato se deve pela ação quelante do xilol

e do EDTA, sugerindo uma maior ação na matriz dentinária do que na interface de cimentação resinosa.

Este trabalho inovador abre uma nova perspectiva para possíveis alternativas na remoção de pinos de fibra de vidro e da camada do cimento resinoso, em canais radiculares. Confrontando os resultados de solubilidade e de perda de massa ficou evidente que o ácido fosfórico 37% possuiu alto potencial para degradar a interface resinosa de cimentação dos pinos de fibra de vidro. Todavia, o resultado de sorção evidenciou a sua baixa penetrabilidade nesta interface, sugerindo a necessidade de novos estudos a fim de potencializar esta ação penetrante, como a possível associação de insertos ultrassônicos ou mesmo a elevação térmica local.

## **7. CONCLUSÃO**

---

É possível concluir que dentre as soluções propostas para realizar alteração na interface pino, cimento resinoso e dentina, a que mais sugeriu alteração na interface cimentante resinosa a partir da análise dos dados, foi o ácido fosfórico a 37%. Contudo, soluções do grupo como Xilol e EDTA, também demonstraram influência.

Porém, cabe nesse estudo a análise das imagens por estereomicroscopia e micro ct para corroborar que o segmento mais atingido da interface tenha sido a do cimento resinoso e/ou pino de fibra, bem como realizar o cruzamento de dados com outras técnicas mecânicas.



## 8.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

Abbott PV. Incidence of root fractures and methods used for post removal. *Int Endod J.* 2002 Jan;35(1):63-7.

Abreu RT, Monteiro JB, Abu-Hasna A, Santos TS, Dal Piva AO, Pucci CR, Torres CR, Carvalho CA. Bond strength of cemented fiber posts to teeth with simulated internal root resorption. *J Clin Exp Dent.* 2020 Mar 1;12(3):e277-e284.

Aksornmuang J, Chuenarrom C, Chittithaworn N. Effects of various etching protocols on the flexural properties and surface topography of fiber-reinforced composite dental posts. *Dent Mater J.* 2017 Sep 26;36(5):614-621.

Altshul JH, Marshall G, Morgan LA, Baumgartner JC. Comparison of dentinal crack incidence and of post removal time resulting from post removal by ultrasonic or mechanical force. *J Endod.* 1997 Nov;23(11):683-6

Arukaslan G, Aydemir S. Comparison of the efficacies of two different fiber post-removal systems: A micro-computed tomography study. *Microsc Res Tech.* 2019 Apr;82(4):394-401.

Aydemir S, Arukaslan G, Sarıdağ S, Kaya-Büyükbayram I, Yıldıran Y. Comparing Fracture Resistance and the Time Required for Two Different Fiber Post Removal Systems. *J Prosthodont.* 2018 Oct;27(8):771-774

Barbosa IF, Barreto BCT, Coelho MO, Pereira GDS, Carvalho ZMC. Pinos de fibra: revisão de literatura. *Revista Uningá Review.* Vol.28, n.1, pp.83-87, Out – Dez,2016

Benassi M, Freire R, Macedo M, Cardoso R. Avaliação da superfície dentinária com o microscópio clínica após a remoção de retentor intrarradicular utilizando o ultrassom. RGO 2008; 56(3):267 – 73

Bispo L. A prática da magnificação na Odontologia contemporânea. RevBrasOdontol 2009; 66(2): 280-3

Bodrumlu E, Er O, Kayaoglu G. Solubility of root canal sealers with different organic solvents. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2008 Sep;106(3):e67-9.

Bons, P., Jessel, M.W. 1996. Image analysis of microstructures in natural and experimental samples. In: DE PAOR D.G. (ed), Structural Geology and Personal Computers. Pergamon, London, 135-166p

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

Carvalho RM, Prakki, A. Cimentos resinosos dual: características e considerações clínicas. Rev. Fac. Odontol. São José dos Campos. São José dos Campos, v.4, n.1, p.21-26,Jan-Abr. 2001.

Cekic-Nagas I, Sukuroglu E, Canay S. Does the surface treatment affect the bond strength of various fibre-post systems to resin-core materials? J Dent. 2011 Feb;39(2):171-9.

Chang YH, Wang HW, Lin PH, Lin CL. Evaluation of early resin luting cement damage induced by voids around a circular fiber post in a root canal treated premolar

by integrating micro-CT, finite element analysis and fatigue testing. *Dent Mater.* 2018 Jul;34(7):1082-1088. doi: 10.1016/j.dental.2018.04.006. Epub 2018 May 7

Cho J, Liu J, Bukhari EA, Zheng F, Kim DG, Lee DJ. Comparison of Post Space Volume Changes Following Fiber Post Removal Using Er,Cr:YSGG Laser Versus Ultrasonic Instrument. *J Prosthodont.* 2022 Mar;31(3):245-251.

Daneshkazemi A, Davari A, Askari N, Kaveh M. Effect of different fiber post surface treatments on microtensile bond strength to composite resin. *J Prosthet Dent.* 2016 Dec;116(6):896-901. doi: 10.1016/j.prosdent.2016.03.029. Epub 2016 Jul 28.

D'Arcangelo C, D'Amario M, Prosperi GD, Cinelli M, Giannoni M, Caputi S. Effect of surface treatments on tensile bond strength and morphology of quartz-fiber posts. *J Endod.* 2007 Mar;33(3):264-7.

da Silva EM, Gonçalves L, Guimarães JG, Poskus LT, Fellows CE. The diffusion kinetics of a nanofilled and a midfilled resin composite immersed in distilled water, artificial saliva, and lactic acid. *Clin Oral Investig.* 2011 Jun;15(3):393-401. doi: 10.1007/s00784-010-0392-z. Epub 2010 Mar 9

Deeb JG, Grzech-Leśniak K, Weaver C, Matys J, Bencharit S. Retrieval of Glass Fiber Post Using Er:YAG Laser and Conventional Endodontic Ultrasonic Method: An In Vitro Study. *J Prosthodont.* 2019 Dec;28(9):1024-1028.

De Gee AJ, Wendt SL, Werner A, Davidson CL. Influence of enzymes and plaque acids on in vitro wear of dental composites. *Biomaterials* 1996;17:1327-32

Faria MI, Gomes EA, Messias DC, Silva Filho JMS, Souza Filho CB, Paulino, SM. Tensile Strength of Glass Fiber Posts Submitted to Different Surface Treatments. *Brazilian Dental Journal [online].* 2013, v. 24, n. 6, pp. 626-629.

Francus, P. & Pirard, E. 2004. Testing for sources of errors in quantitative image analysis. In: FRANCUS P. (ed) Image analysis, sediments and paleoenvironments, Springer, Dordrecht, 87-102p.

Ferreira I, Soares S, Sousa J, Barros J, Braga AC, Lopes MA, Pina-Vaz I. New Insight into the Dissolution of Epoxy Resin-based Sealers. J Endod. 2017 Sep;43(9):1505-1510.

Gesi A, Magnolfi S, Goracci C, Ferrari M. Comparison of two techniques for removing fiber posts. J Endod. 2003 Sep;29(9):580-2.

Haupt F, Pfitzner J, Hülsmann M. A comparative in vitro study of different techniques for removal of fibre posts from root canals. Aust Endod J. 2018 Dec;44(3):245-250.

Hansen MG. Relative efficiency of solvents used in endodontics. J Endod. 1998 Jan;24(1):38-40.

Janabi A, Tordik PA, Griffin IL, Mostoufi B, Price JB, Chand P, Martinho FC. Accuracy and Efficiency of 3-dimensional Dynamic Navigation System for Removal of Fiber Post from Root Canal-Treated Teeth. J Endod. 2021 Sep;47(9):1453-1460.

Keleş A, Köseoğlu M. Dissolution of root canal sealers in EDTA and NaOCl solutions. J Am Dent Assoc. 2009 Jan;140(1):74-9;

Kim JJ, Alapati S, Knoernschild KL, Jeong YH, Kim DG, Lee DJ. Micro-Computed Tomography of Tooth Volume Changes Following Post Removal. J Prosthodont. 2017 Aug;26(6):522-528.

Kfir A, Rosenberg E, Tamse A, Tsesis I. Can epoxy resinbased endodontic sealers be softened within 1-2 min? An in vitro study with chloroform and xylene. *Endod Pract Today* 2012;6:189-194.

Lamichhane A, Xu C, Zhang FQ. Dental fiber-post resin base material: a review. *J AdvProsthodont.* 2014 Feb;6(1):60-5.

Lindemann M, Yaman P, Dennison JB, Herrero AA. Comparison of the efficiency and effectiveness of various techniques for removal of fiber posts. *J Endod.* 2005 Jul;31(7):520-2.

Machry RV, Fontana PE, Bohrer TC, Valandro LF, Kaizer OB. Effect of Different Surface Treatments of Resin Relined Fiber Posts Cemented With Selfadhesive Resin Cement onPush-out and Microtensile Bond StrengthTests. *Oper Dent.* 2020 Jul 1;45(4):E185-E195.

Maia LM, Moreira Júnior G, Albuquerque RC, de Carvalho Machado V, da Silva NRFA, Hauss DD, da Silveira RR. Three-dimensional endodontic guide for adhesive fiber post removal: A dental technique. *J Prosthet Dent.* 2019 Mar;121(3):387-390.

Majeti C, Veeramachaneni C, Morisetty PK, Rao SA, Tummala M. A simplified etching technique to improve the adhesion of fiber post. *J AdvProsthodont.* 2014 Aug;6(4):295-301.

Marghalani HY. Sorption and solubility characteristics of self-adhesive resin cements. *Dent Mater.* 2012 Oct;28(10):e187-98.

Martos J, Bassotto AP, González-Rodríguez MP, Ferrer-Luque CM. Dissolving efficacy of eucalyptus and orange oil, xylol and chloroform solvents on different root canal sealers. *Int Endod J.* 2011 Nov;44(11):1024-8.

Matos AB, Palma RG, Saraceni CH, Matson E. Effects of acid etching on dentin surface: SEM morphological study. *Braz Dent J.* 1997;8(1):35-41. PMID: 9485635.

Mazzitelli C, Ferrari M, Toledano M, Osorio E, Monticelli F, Osorio R. Surface roughness analysis of fiber post conditioning processes. *J Dent Res.* 2008 Feb;87(2):186-90

Neves AA, Jaecques S, Ende AV, Cardoso MV, Coutinho E, Luhrs AK, Zicari F, Meerbeek BV. 3D-microleakage assessment of adhesive interfaces: Exploratory findings by  $\mu$ CT. *Dental Materials* 30 (2014): 799-807.

Pegoraro L.F, Rezende C.E, Cunha O.C, Stancari F.H, Vidotti HA, Santos LA, Fiamengui LMSP, Mendonça LM, Neto LAO, Esper LA *et al.* Fundamentos da Prótese fixa. São Paulo, Artes Médicas, 2014

Petropoulou A, Vrochari AD, Hellwig E, Stampf S, Polydorou O. Water sorption and water solubility of self-etching and self-adhesive resin cements. *J Prosthet Dent.* 2015 Nov;114(5):674-9.

Perez C, Finelle G, Couvrechel C. Optimisation of a guided endodontics protocol for removal of fibre-reinforced posts. *AustEndod J.* 2020 Apr;46(1):107-114.

Prado MAA, Kohl JCM, Nogueira RD, Geraldo-Martins VR. Retentores Intrarradiculares: Revisão de Literatura. UNOPAR Científica, Ciências Biológicas e da Saúde. Vol. 16, n.1, p.51-55, 2014.

Salim, NA. Mutlli NAN, Alwi R, Rahman NA, Ariffin Z. Evaluation of Microleakage Between Different Post and Core Systems Under Gradual Loading: an In-Vitro Study. *Acta stomatol Croat.* 2018;52(3):218-226.

Saricam E, Arslan M. Effect of dentin and fiber post surface treatments with fumaric acid on the bonding ability of fiber posts. *Microsc Res Tech.* 2020 Oct;83(10):1290-1296.

Sarkis-Onofre R, Amaral Pinheiro H, Poletto-Neto V, Bergoli CD, Cenci MS, Pereira-Cenci T. Randomized controlled trial comparing glass fiber posts and cast metal posts. *J Dent.* 2020 May;96:103334.

Schwindling FS, Tasaka A, Hilgenfeld T, Rammelsberg P, Zenthöfer A. Three-dimensional-guided removal and preparation of dental root posts-concept and feasibility. *J Prosthodont Res.* 2020 Jan;64(1):104-108.

Scotti N, Bergantin E, Alovizi M, Pasqualini D, Berutti E. Evaluation of a simplified fiber post removal system. *J Endod.* 2013 Nov;39(11):1431-4.

Silva LO, Souza BP, Lima EMCX, De Oliveira VMB. Protocolos para remoção de retentores intrarradiculares de fibra de vidro: uma revisão crítica. *Revista da Faculdade de Odontologia da UFBA, [S.l.], v. 43, n. 2, mar. 2018.*

Soares CJ, Valdivia AD, da Silva GR, Santana FR, Menezes Mde S. Longitudinal clinical evaluation of post systems: a literature review. *Braz Dent J.* 2012;23(2):135-740.

Souza SFC. Cimentos resinosos endodônticos: selamentos apical, aspectos micromorfológicos, características físicas e resistência de união à dentina (Tese de doutorado. São Paulo: Faculdade de Odontologia da USP;2007.

Yikilgan İ, Uzun O, Gürel M, Bala O, Ömürlü H, Kayaoglu G. Volumetric Evaluation of Void/Gap Formation and Microleakage Cementing Fiber Posts on Extracted Teeth with Three Different Cements. J Prosthodont. 2019 Jan;28(1):e222-e228. doi: 10.1111/jopr.12662. Epub 2017 Sep 5

## 9. APÊNDICE

---

### 9.1 Apêndice 1

Corpo de prova	Lima final	Comprimento de trabalho (mm)	Tamanho do Pinho
1	60	12	2
2	55	12	1
3	55	11	1
4	60	8	1
5	60	10	1
6	60	10	1
7	55	11	2
8	55	10	1
9	70	9	1
10	60	9	2
11	55	13	1
12	55	13	1
13	55	12	1
14	55	15	2
15	55	12	1

---



---

16	55	13	2
17	55	14	1
18	55	15	1
19	55	8	2
20	55	9	2
21	60	13	1
22	55	11	1
23	55	11	2
24	55	9	2
25	55	11	2
26	55	11	1
27	55	10*	2
28	55	13	1
29	55	11	1
30	55	9	2
31	55	10	2
32	55	9	2
33	55	12	2
34	55	8	2
35	60	12	2
36	55	9	2
37	55	8	1
38	60	9	2
39	55	9	2
40	60	9	2
41	55	10	2

---

---

42	60	11	2
43	55	13	1
44	55	10	2
45	55	11	2
46	55	10	2
47	55	10	1
48	60	8	2
49	55	11	1
50	55	12	1
51	55	8	1
52	60	10	2
53	55	12	1
54	60	8	2
55	55	11	1
56	55	10	1
57	55	10	1
58	55	10	1
59	60	10	1
60	60	10	1
61	55	13	1
62	55	10	1
63	60	10	1
64	55	10	1
65	55	10	1
66	55	10	1

---

## 10. ANEXO

---

### 10.1 ARTIGO PUBLICADO

Almeida, E. C. de; Dias, K. D. da S. R. G. .; Oliveira, M. F. M. . de; Valentim, E. R. N. de A. .; Heggendorn, F. L. Prosthetic solution for whistling in fixed prostheses on implants: a case report. *Research, Society and Development, [S. l.]*, v. 11, n. 9, p. e50311932025, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i9.32025