



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE ARAÇATUBA**

Departamento de Odontologia Preventiva e Restauradora

MARIANA DE OLIVEIRA BACHEGA

**Influência da terapia fotodinâmica com
diferentes fotossensibilizadores e do
hidróxido de cálcio na resistência de união
da interface adesiva de pinos de fibra de
vidro e composição química da dentina
radicular**

Araçatuba

2024

MARIANA DE OLIVEIRA BACHEGA

**Influência da terapia fotodinâmica com diferentes
fotossensibilizadores e do hidróxido de cálcio na
resistência de união da interface adesiva de pinos de
fibra de vidro e composição química da dentina
radicular**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de
Odontologia de Araçatuba da
Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho” –
Unesp, como parte dos requisitos
para a obtenção do título de
Bacharel em Odontologia

Orientador: Prof. Dr. Gustavo
Sivieri de Araújo

Araçatuba

2024

Aos meus pais, Mateus Furtado Bachega e Vanessa de Oliveira Bachega, dedico esse trabalho, por me proporcionarem tudo o que tenho, e principalmente, tudo o que sou.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, à Deus, por minha existência, por me permitir a honra de vivenciar isso, por me dar auxílio e por me mostrar o caminho.

À Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", na pessoa do diretor da Faculdade de Odontologia de Araçatuba Prof. Alberto Carlos Botazzo Delbem e do vice-diretor Prof. Luciano Tavares Angelo Cintra.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela concessão da bolsa de iniciação científica processo 2022/15158-8.

Ao Professor Dr. Gustavo Sivieri de Araújo, por ter me escolhido para ser sua aluna de iniciação científica, por ter dado inúmeras oportunidades de crescimento intelectual e pessoal e por me orientar na vida acadêmica por 3 anos.

À Thalya Maltarollo e Larissa Moraes, minhas mestrandas, por terem me acolhido e me guiado com tanto carinho e sabedoria durante meus anos de iniciação científica.

À Beatriz Melare, por ser minha companheira de Iniciação Científica, por todo apoio e companheirismo nessa jornada que tivemos juntas.

Ao Prof. Dr. Henrico Badaoui Strazzi Sahyon e Prof. Dr. Paulo Oliveira dos Santos por todo auxílio, sem eles esse projeto não poderia ter sido concluído.

À Rafaela Maria Mendonça Frascareli, Dafiny Fernandes Souza, João Mateus Cavalaro Sayeg e Julia Zanelatto Costa, por serem a minha base, por estarem comigo desde o primeiro ano, por nunca me abandonarem e por terem me apoiado durante todos os momentos que eu passei.

À Luna Pereira Alves, por ser minha única amiga de infância, por me mostrar como é o amor fraterno e por todo apoio durante grande parte da minha vida.

À todos os meus amigos, por terem tornado a faculdade mais leve e alegre.

Ao meu namorado, André Figueiredo Mesquita, por todo companheirismo e apoio durante a minha jornada.

Aos meus irmãos José Pedro de Oliveira Bachega e Maria Flor de Oliveira Bachega por todo amor, carinho e apoio que sempre me deram.

Aos meus avós, por serem meu grande exemplo de amor, sabedoria e determinação, eles são meu tudo, sem eles não seria quem sou hoje.

Aos meus pais, à quem devo a minha vida, tudo o que e tudo o que eu sou, é graças à eles. São meu maior exemplo de vida, garra, determinação, coragem e, principalmente, de amor.

*"Don't waste your time looking back, you're not
going that way"*

Vikings

RESUMO

BACHEGA, M.O. **Influência da terapia fotodinâmica com diferentes fotossensibilizadores e do hidróxido de cálcio na resistência de união da interface adesiva de pinos de fibra de vidro e composição química da dentina radicular.** Faculdade de Odontologia de Araçatuba, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Araçatuba, 2024.

O objetivo desse estudo *in vitro* consiste em analisar a influência da TFD com FS-IV ou FS-CC ou FS-AM, associados ou não à medicação intracanal (MIC) de hidróxido de cálcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), na resistência de união (RU) da interface adesiva de pinos de fibra de vidro (PFV) e a composição química nos diferentes terços da dentina intrarradicular. Foram utilizados 88 dentesbovinos ($n = 11$) que receberam o preparo biomecânico (PBM) e a TFD. Grupos experimentais: G1: PBM + Água Deionizada (controle negativo); G2: PBM + Água Deionizada + $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (controle positivo); G3: PBM + FS-IV 50mg/L+ Laser Infravermelho $\lambda 808\text{nm}$; G4: PBM + FS-IV 50mg/L + Laser Infravermelho $\lambda 808\text{ nm}$ + $\text{Ca}(\text{OH})_2$; G5: PBM + FS-CC 500mg/L + Led Azul $\lambda 480\text{nm}$; G6: PBM + FS-CC500mg/L + Led Azul $\lambda 480\text{nm}$ + $\text{Ca}(\text{OH})_2$, G7: PBM+FS-AM 50mg/L+Laser Vermelho $\lambda 660\text{nm}$, G8: PBM+FS-AM 50mg/L+Laser Vermelho $\lambda 660\text{nm}$ + $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Após o período de 14 dias de medicação intracanal, a mesma foi removida, os canais radiculares obturados e preparados para cimentação dos pinos de fibra de vidro. A resistência de união do cimento resinoso à dentina intrarradicular está sendo mensurada pelo Teste de *push-out* por meio da máquina de ensaio universal ($n=8$). O padrão de fratura foi qualificado pela Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV). Foi feita a análise estatística dos resultados do *push-out*, e a identificação da composição química do substrato dentinário foi analisada por meio da Espectroscopia de Energia Dispersiva (EDS) ($n=3$). Os dados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade e as médias comparadas por testes estatísticos específicos ($\alpha = 0,05$). As análises mostraram que houve diferença na resistência de união dos pinos de fibra de vidro à dentina intrarradicular ($P<0,05$), assim como na concentração de determinados elementos químicos ($P<0,05$), isso se deve ao uso de diferentes FS e também à presença do $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Concluiu-se que a TFD associada à MIC influenciou ambas, RU de

PFV à dentina intrarradicular e composição química do substrato dentinário. O FS-CC 500mg/L ativado com Led Azul λ 480nm, associado ou não à MIC mostrou resultados promissores quanto à RU, em todos os terços analisados.

Palavras-chave: Tratamento do Canal Radicular, Terapia Fotodinâmica, Indocianina Verde, Curcumina, Hidróxido de cálcio, Resistência ao Cisalhamento, Microscopia Eletrônica de Varredura, Espectroscopia de Energia Dispersiva.

ABSTRACT

BACHEGA, M.O. **Influence of photodynamic therapy with different photosensitizers and calcium hydroxide on the adhesive interface bond strength of glass-fiber posts and the chemical composition of the intra-radicular dentin.** Dental School, São Paulo State University, Araçatuba, 2024.

The aim of this *in vitro* study is to analyze the influence of PDT with PS-IG or PS-CC or PS-MB, associated or not to calcium hydroxide intracanal medication (ICM), on adhesive interface bond strength (BS) of glass-fiber posts (GFP) and the chemical composition in different thirds of intra-radicular dentin. Eighty-eight bovine teeth were used ($n = 11$), the biomechanical preparation (BMP) and PDT performed. Experimental groups: G1: BMP + deionized water (Negative control); G2: BMP + deionized water + $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (Positive control); G3: BMP + PS-IG 50mg/L + infrared Laser $\lambda 808 \text{ nm}$; G4: BMP + PS-IG 50mg/L + infrared Laser $\lambda 808 \text{ nm}$ + $\text{Ca}(\text{OH})_2$; G5: BMP + PS-CC 500mg/L + blue Led Light $\lambda 480 \text{ nm}$; G6: BMP + PS-CC 500mg/L + blue Led Light $\lambda 480 \text{ nm}$ + $\text{Ca}(\text{OH})_2$; G7: BPM+PS-MB 50mg/L+ Red Laser $\lambda 660 \text{ nm}$, G8: BPM+PS-MB 50mg/L+ Red Laser $\lambda 660 \text{ nm}$ + $\text{Ca}(\text{OH})_2$ After the intracanal medication period of 14 days, the same was removed and the root canals obturated and prepared for glass-fiber post luting process. Thus, slices with 1.3mm of thick of cervical, middle and apical thirds were obtained. The bond strength of resin cement was measured by the push-out test through a universal testing machine ($n=8$) The fracture pattern was qualified by Scanning Electron Microscopy (SEM). The push out's results statistical analysis was made and the identification of the chemical composition of the dentin substrate was analyzed by Energy Dispersive Spectroscopy (EDS) ($n=3$). The data obtained was subjected to the normality test and the means compared by specific statistical tests ($\alpha=0.05$). The analyses showed that there was a difference in the fiber posts 'bond strength to intra-radicular dentin ($P<0,05$) as well as in some elements concentration ($0,05$), and this is due to the use of different PS and also the presence of $\text{Ca}(\text{OH})_2$. It can be concluded that PDT associated with ICM influenced both, BS of GFP to intraradicular dentin and chemical composition of the dentin

substrate. PS-CC 500mg/L activated with Blue LED λ 480nm, associated or not with ICM, showed promising results regarding BS, in all thirds analyzed.

Keywords: Root Canal Treatment, Photodynamic Therapy, Green Indocyanine, Curcumin, Calcium Hydroxide, Bond Strength, Scanning Electron Microscopy, Energy Dispersive Spectroscopy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Coroa removida 1 mm acima da junção amelo-cementária.

Figura 2. Preparo biomecânico das amostras até a lima K#80 no CRT.

Figura 3. EDTA.

Figura 4. Selamento dos forames apicais com resina composta

Figura 5. **A.** Fotossensibilizador Indocianina Verde. **B.** Ativação do FS-IV por Laser infravermelho.

Figura 6. **A.** Fotossensibilizador curcumina. **B.** Ativação do FS-CC com Led Azul.

Figura 7. Dente preenchido com medicação intracanal.

Figura 8. Radiografia digital da amostra obturada.

Figura 9. Preparo das amostras para a cimentação dos pinos de fibra de vidro.

Figura 10. **A.** Máquina universal EMIC DL3000. **B.** Haste metálica posicionada no centro do pino do corpode prova.

Figura 11. Amostras metalizadas com ouro em metalizador.

Figura 12. Microscópio para microscopia eletrônica de varredura.

Figura 13. Amostras de microscopia eletrônica de varredura.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Valores médios \pm desvio padrão de resistência à extrusão (MPa) da dentina intrarradicular em função dos grupos experimentais e terços intrarradiculares.

Tabela 2. Valores (média \pm desvio padrão) (%) do conteúdo de elementos químicos da dentina intrarradicular em função dos grupos experimentais e da profundidade do canal radicular.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Ocorrência de padrões de falha das amostras (número de terços de amostra).

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Distribuição dos grupos e procedimentos realizados.

LISTA DE ABREVIATURAS

TFD. Terapia fotodinâmica.

FS. Fotossensibilizador.

IV. Indocianina verde.

CC. Curcumina.

AM. Azul de metileno.

MIC. Medicação intracanal.

Ca(OH)₂. Hidróxido de cálcio.

RU. Resistência de União.

PFV. Pino de fibra de vidro.

PBM. Preparo biomecânico.

MEV. Microscopia eletrônica de varredura.

EDS. Espectroscopia de energia dispersiva.

SCR. Sistema de canais radiculares.

MO. Microrganismos.

SUMÁRIO

1.	Introdução	17
2.	Objetivos.....	21
3.	Materiais e métodos.....	22
3.1	Seleção dos dentes bovinos.....	22
3.2	Preparo do canal radicular e selamento apical.....	22
3.3	Distribuição dos grupos.....	24
3.4	Terapia fotodinâmica.....	25
3.5	Medicação de hidróxido de cálcio e selamento coronário.....	27
3.6	Obturação do canais radiculares	28
3.7	Preparo para os pinos de fibra de vidro	29
3.8	Cimentação dos pinos de fibra de vidro	29
3.9	Análise da resistência de união	30
3.10	Análise em microscopia eletrônica de varredura	31
3.11	Análise da composi�o química da dentina intrarradicular pela Espectroscopia de Energia Dispersiva	32
4.	Análise dos Resultados	34
5.	Resultados	35
5.1	Resistência de união	35
5.2	Microscopia eletrônica de varredura.....	36
5.3	Espectroscopia de energia dispersiva.....	38
6.	Discussão.....	40
7.	Conclusão	44
8.	Referências	45
9.	Certificado da Comissão de �tica no Uso de Animais	51

1. INTRODUÇÃO

O tratamento endodôntico em dentes com necrose pulpar tem como principal objetivo a descontaminação do sistema de canais radiculares (SCR) (1,2). Para alcançar este objetivo diferentes estratégias terapêuticas como: preparo biomecânico do canal radicular (PBM) (3), soluções irrigadoras de hipoclorito de sódio (3) e medicação intracanal de hidróxido de cálcio são empregadas (4-7). Entretanto, estudos apontam que somente o PBM combinado às soluções irrigadoras e medicação intracanal, não permitem que o SCR fique totalmente isento de microrganismos (MO), principalmente em casos de infecções persistentes (8,9). O *Enterococcus faecalis* é um micro-organismo resistente ao PBM mesmo utilizando o hipoclorito de sódio como solução irrigadora, e também ao hidróxido de cálcio, sendo predominante nos insucessos endodônticos (9-12). Devido a sua alta resistência, é possível permanecerem viáveis e proliferar em ambientes com baixo pH e altas temperaturas por longo período (13), para isso formam biofilme com uma matriz polimérica extracelular, que o protege contra agentes antibacterianos (11,14). Logo, estratégias terapêuticas são investigadas constantemente para eliminar as infecções endodônticas (14-16).

Inovações ocorreram na Área da Saúde com o emprego dos aparelhos de Laser e Led (17,18), como por exemplo a terapia fotodinâmica (TFD), que é uma alternativa de tratamento para doenças infecciosas (19). Esta terapia consiste na ação de um fotossensibilizador (FS) que quando ativado por uma luz de comprimento de onda específico (Laser ou Led) tem a finalidade de promover uma destruição seletiva em um sítio específico (célula-alvo) (20-22).

O mecanismo de ação ocorre quando o FS absorve os fótons da luz irradiada e os elétrons passam para o estado mais estimulado. Juntamente com o oxigênio, o FS fornece sua energia ao substrato. Ao retornar ao seu estado fundamental, espécies reativas e de vida curta (oxigênio singleto) são constituídas e promovem a oxidação de lipídios, aminoácidos e proteínas, que induzem os locais específicos às injúrias, como necrose, apoptose, inativação dos MO, ou seja, destruição seletiva por estresse oxidativo nas membranas

celulares e/ou em outras partes dos componentes celulares (10,19-28).

A TFD não substitui o tratamento endodôntico convencional. Portanto, a TFD deve ser associada logo após o PBM e antes medicação intracanal de hidróxido de cálcio, principalmente devido a complexidade anatômica do SCR e a variedade a microbiota existente, a fim de potencializar a eliminação de MO e evitar o desenvolvimento de infecções secundárias (4-7,29- 33).

Dentre os FS encontrados, podemos citar azul de metileno, curcumina e indocianina verde. O azul de metileno comparado com a curcumina foram recentemente estudados em nosso Grupo de Pesquisa com relação às propriedades biológicas e propriedades mecânicas na dentina intrarradicular, resistência de união dos pinos de fibra de vidro (PFV) (22,33-42).

Banci et al. (2023) investigou uma revisão sistemática onde foi comprovado que a TFD tem influências sobre a resistência de união do cimento obturador à dentina intrarradicular, naturalmente, pesquisamos essas mesmas referências em dentes com grande destruição coronária que vão receber o PFV intrarradicular. (43)

Segundo Strazzi-Sahyon et al. (2021) e Strazzi-Sahyon et al. (2019) (37,40), o uso dos FS-AM ou FS-CC influenciaram diretamente a resistência de união de pinos de fibra de vidro à dentina intrarradicular submetida à terapia fotodinâmica com estes respectivos fotossensibilizadores. Os menores valores das propriedades mecânicas (dureza Martens e módulo de elasticidade) da dentina intrarradicular foram observados para os grupos em que o FS-CC foi utilizado, nas respectivas concentrações (500 mg/L ou 1000 mg/L) (39). Em outro estudo (37), em que foi utilizado uma aplicação de TFD com FS-AM nas concentrações (50 mg/L ou 100 mg/L), os resultados encontrados mostraram que na concentração maior o FS-AM influenciou negativamente a resistência de união dos pinos de fibra de vidro à dentina intrarradicular. Strazzi-Sahyon et al. (2020) (38) avaliaram a TFD associada a medicação de hidróxido de cálcio, porém utilizando duas aplicações de TFD, contudo, não foi investigado as alterações na composição química do substrato dentinário submetido a estas terapias. Sendo assim, nosso questionamento consiste em avaliar se a TFD com FS-CC ou FS-IV ou FS-AM tem alguma influência na resistência de união dos PFV à dentina intrarradicular, bem como, aprofundar os estudos investigando a composição química da dentina exposta a esses tratamentos na

presença de hidróxido de cálcio. Seguindo o protocolo para necropulpectomia, Strazzi-Sayhon e colaboradores (2023) avaliaram a eficácia do FS-AM mais a medicação de hidróxido de cálcio em apenas uma aplicação, e levou à mesma conclusão do primeiro estudo, onde o FS-AM 50mg/L ativado ou não teve melhores resultados do que o FS-AM 100mg/L, comprovando assim que a concentração e o tipo de FS influencia diretamente nas propriedades por ele avaliadas (44). Não há estudos na literatura investigando essas propriedades com os FSs indocianina verde e curcumina na presença da medicação de hidróxido de cálcio que é o principal medicamento usado no tratamento endodôntico nos casos de necropulpectomia, justificando assim a relevância da realização desse projeto de pesquisa.

A indocianina verde é um corante aniônico de tricarbocianina solúvel em água, que pode ser utilizado como FS com baixa toxicidade, aprovado pela *Food and Drug Administration* dos EUA. A indocianina verde é ativada na banda de absorção do espectro eletromagnético infravermelho com alta absorção entre 800nm a 810nm com mínima interferência de dispersão (10,45,46). O uso do FS-IV em Endodontia demonstrou ser eficaz como agente antimicrobiano (14-16), mostrando-se promissor na eliminação de bactérias como a *Enterococcus faecalis* (14,15,47-49) e *Porphyromonas gingivalis* (49,50). A curcumina, um pigmento fenólico proveniente da cúrcuma, apresenta propriedades naturais benéficas como ação anti-inflamatória, antioxidante, antimicrobiana, antitumorais e cicatrizante (28,51,52). Estudos demonstraram a eficácia do FS-CC contra fungos como *Candida albicans* (53), colônias bacterianas de *Streptococcus mutans*, prevalentes em cárie dentária e doenças periodontais (54), além do seu grande potencial na eliminação de microrganismos como *E. faecalis* em diferentes terços dos canais radiculares, o tornando um fotossensibilizador eletivo eficaz na desinfecção do SCR (55,56).

A biocompatibilidade e citotoxicidade *in vitro* da TFD com o FS-CC na concentração de 500 mg/L, ativado com Led azul λ 480 nm, foi comprovada em estudos do nosso Grupo de Pesquisa com apoio FAPESP (22,27,43).

Para a análise das propriedades mecânicas na dentina radicular, resistência de união dos pinos de fibra de vidro e caracterização da interface adesiva, utiliza-se testes específicos (33,37-40,57-66). A análise da alteração

na resistência de união à dentina intrarradicular, pode ser realizada por meio dos testes mecânicos de microtração e cisalhamento por extrusão (Teste de *push-out*) (41,57-59,66).

A Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), contribuirá com o teste de resistência de união permitindo caracterizar o padrão de falhas das amostras, tais como falhas adesivas, coesivas e mistas e também na realização da Espectroscopia de Energia Dispersiva (EDS), realizada no mesmo microscópio, permitindo a identificação da composição química das amostras do substrato da dentina intrarradicular por meio de um detector específico, mapeando toda região de interesse (57,60,61).

O estudo da resistência de união de pinos de fibra de vidro e composição química dos substratos submetidos à TFD com o FS-IV quando comparada ao FS-CC e FS-AM, associados ou não à medicação intracanal de hidróxido de cálcio, torna este Projeto de Pesquisa adequado para constituir resultados com embasamentos científicos do assunto pertinente e elucidar a sua relevância científica.

A importância circunstancial da necessidade do desenvolvimento deste Projeto de Pesquisa será determinar protocolos mais precisos para o emprego da TFD na Endodontia com o FS-IV quando comparada com FS-CC e FS-AM, para analisar se existe alguma influência ou não desta terapia realizada na presença da medicação de hidróxido de cálcio na interface adesiva da dentina intrarradicular. A relevância destes achados poderá responder os questionamentos atuais e levar a uma terapia endodôntica distinta das atuais, já que não se conhece se estas propriedades na dentina intrarradicular podem ser influenciadas pelo FS-IV na presença da medicação de hidróxido de cálcio. Estes achados poderão levar ao emprego de uma modalidade terapêutica embasada cientificamente que serão especificamente direcionadas e aplicadas a estes mecanismos que juntamente aos biológicos estão envolvidos nas terapias para a resolução da infecção endodôntica.

2. OBJETIVOS

Este estudo teve por objetivo analisar os efeitos do uso da terapia fotodinâmica na resistência de união do cimento resinoso à dentina intrarradicular e caracterização química da dentina intrarradicular, utilizando os fotossensibilizadores indocianina verde, curcumina ou azul de metileno e medicação intracanal de hidróxido de cálcio. As hipóteses nulas testadas foram: A) A terapia fotodinâmica com os FS-IV, FS-CC ou FS-AM, associado ou não a medicação intracanal de hidróxido de cálcio, não causaria diferença significativa na resistência de união entre o cimento resinoso à dentina, e na composição química dos diferentes terços da dentina intrarradicular; B) Os diferentes terços radiculares não poderiam interferir na resistência de união e na composição química da dentina radicular.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Seleção do dentes bovinos

Este projeto de pesquisa foi submetido à Comissão de Ética no Uso de Animais - CEUA da Faculdade de Odontologia de Araçatuba-UNESP, Processo Nº 0418/2022 (ANEXO I).

Foram utilizados 88 dentes incisivos bovinos, recém-extraídos, doados para fins de pesquisa científica (Frigorífico JBS S.A Andradina, SP, Brasil). O uso de dentes bovinos neste estudo *in vitro* é um modelo substituto apropriado e aceitável para dentes humanos para análise de resistência de união, Silva et al. (2019) (66) afirmam que dentes bovinos não tem diferenças na resistência de união de retentores intrarradiculares. Os autores afirmam que neste modelo experimental, a carga é aplicada apenas ao retentor intracanal e ao cimento resinoso que preencheu completamente os canais radiculares, proporcionando um melhor controle sobre o tipo de falha (66). Além disso, a escolha de empregar este modelo experimental embasou-se em estudo previamente avaliado por Camargo et al. (67) que investigaram a taxa de difusão da medicação $\text{Ca}(\text{OH})_2$ em substrato humano e bovino, não encontrando diferenças significativas entre eles.

Os dentes foram avaliados com lupa de 0,75 de diâmetro e 3,5X de aumento (Bio-Art Equipamentos Odontológicos Ltda, São Carlos, SP, Brasil), sob iluminação adequada, de forma a se observar a ausência de micro-trincas e/ou fraturas induzidas pela extração. Foram descartados os dentes que apresentaram algum tipo de curvatura apical, micro-trincas e/ou fratura, e os demais armazenados em congelador sob temperatura de -20°C , até o início da pesquisa.

Os dentes foram radiografados com Raio-X Digital - Software Dental Master Dicom versão 1.0.9.1 e sensor digital Micro Imagem EVO (Micro Imagem, Indaiatuba, SP, Brasil) para auxiliar na confirmação da integridade da estrutura dentária.

3.2 Preparo do canal radicular e selamento apical

As raízes foram padronizadas em 20 mm pela remoção da coroa anatômica de todos os dentes por meio de uma secção transversal, com disco de diamante em cortadeira de precisão ISOMET 1000 (Buheler, Lake Bluff, USA)

sob refrigeração, em baixa velocidade (33,37-40) (Figura 1). Para o PBM, o comprimento real do dente (CRD) foi estabelecido por meio de um instrumento tipo K #20 (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suíça) posicionada no canal radicular até a abertura foraminal. O comprimento real de trabalho (CRT) foi determinado 1 mm aquém do CRD. O PBM foi realizado com instrumento inicial, lima tipo K #50 no CRT e o batente apical foi confeccionado com lima tipo K #80 no CRT. Foi realizada irrigação com 2 ml de solução de hipoclorito de sódio 2,5% (ASFER, São Caetano do Sul, SP, Brasil), a cada troca de lima, até a lima K #80 em todos os dentes (Figura 2). Após o término do PBM, foi inserido nos canais radiculares EDTA 17% (Biodinâmica Química e Farmacêutica LTDA, Ibiporã - PR – Brasil), por 3 minutos para remover a camada de *smear layer* (53) (Figura 3). Posteriormente, foi removido o EDTA com solução de hipoclorito de sódio a 2,5%, e os canais radiculares foram aspirados e secos com pontas de papel absorvente #80 (Dentsply, Maillefer, Petrópolis, RJ, Brasil).

Realizou-se também o selamento dos forames apicais, pois estes podem encontrar-se amplos e provocar o extravasamento dos FS, além de prejudicar a obturação dos canais radiculares. O selamento dos forames apicais foi realizado nos últimos 2 mm apicais (22,33,36-38). Com o auxílio do ácido fosfórico 37% (FGM, Joinville, SC, Brasil), sistema adesivo Adper Single Bond 2 (3M ESPE, St Paul, MN, USA) e resina composta fotopolimerizável Filtek Z250 XT (3M ESPE, St Paul, MN, USA) (22,33,36-37) (Figura4).



Figura 1. Coroa removida 1mm acima da junção amelo-cementária.

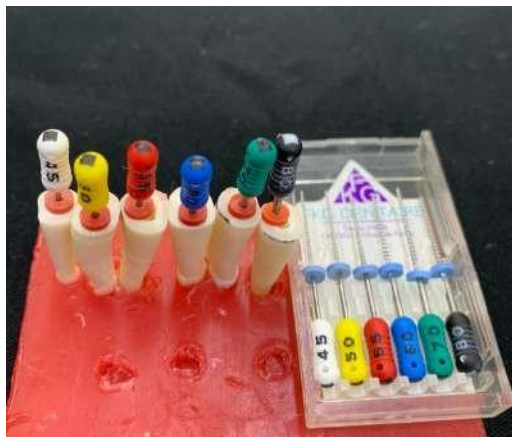


Figura 2. Preparo biomecânico das amostras até a lima K#80 no C



Figura 3. EDTA.



Figura 4. Selamento dos forames apicais com resina composta

3.3 Distribuição dos grupos

Os dentes foram distribuídos aleatoriamente em 6 grupos experimentais (n=11), Quadro 1.

Grupos Experimentais	Procedimentos realizados
G1	PBM + Água Deionizada (Controle Negativo)
G2	PBM + Água Deionizada + Ca(OH) ₂ (Controle Positivo)
G3	PBM + FS-IV 50mg/L + Laser infravermelho λ 808nm (TFD)
G4	PBM + FS-IV 50mg/L + Laser infravermelho λ 808nm (TFD) + Ca(OH) ₂
G5	PBM + FS-CC 500mg/L + Led Azul λ 480nm (TFD)
G6	PBM + FS-CC 500mg/L + Led Azul λ 480nm + Ca(OH) ₂
G7	PBM + FS-AM 50mg/L + Laser Vermelho λ 660nm (TFD)
G8	PBM + FS-AM 50mg/L + Laser Vermelho λ 660nm (TFD) + Ca(OH) ₂

3.4 Terapia fotodinâmica

Após o PBM, os grupos experimentais G1 e G2 (Controle Negativo e Positivo), respectivamente, não receberam FSs e não tiveram aplicação da TFD. O G1 (Controle negativo) foi preenchido somente com água deionizada após o PBM, enquanto no G2 (Controle positivo) foi aplicada pasta de Ca(OH)₂ como medicação intracanal por 14 dias.

Os G3 e G4 foram submetidos à TFD utilizando o FS-IV 50 mg/L (Figura 5A) (Ophthalmos S/A, São Paulo, SP, Brasil). O FS ficou no interior do canal radicular por 60 segundos (tempo de pré-irradiação) (10). Para evitar a exposição dos FSs e minimizar qualquer interferência, o FS-IV, FS-CC e FS-AM foram cobertos com papel alumínio. Durante o período de pré-irradiação dos FSs (indocianina verde, curcumina ou azul de metileno) e também durante a ativação da luz para realizar a TFD, a iluminação do ambiente no laboratório foi reduzida, para que não ocorresse algum tipo de degradação dos FSs, afim de eliminar possíveis interferências nos resultados (22,33,36-38). A ativação foi feita por 60 segundos com Laser infravermelho λ 808 nm, Therapy XT (DMC Equipamentos, São Carlos, SP, Brasil) (Figura 5B) com auxílio de uma fibra óptica flexível descartável de diâmetro de 300 μ m, Guia de Luz PDT (DMC Equipamentos, São Carlos, SP, Brasil) (32). No G4 foi inserida a medicação intracanal após a TFD.



Figura 5A. Fotossensibilizador Indocianina Verde. **B.** Ativação do FS-IV por Laser infravermelho.

Os grupos G5 e G6 foram preenchidos com o FS-CC 500 mg/L (Figura 6A) - Curcuma longa, Turmeric, powder (Sigma Aldrich, Merck KGaA, Darmstadt, Germany) por um período de 300 segundos (período de pré-irradiação), e posteriormente foram ativados por Fotopolimerizador Radium-Cal, Led azul λ 480nm (SDI, Victoria, Austrália) (Figura 6B), por 240 segundos, (24,43,48) com auxílio da fibra óptica de diâmetro de 300 μ m, Guia de Luz PDT (DMC Equipamentos, São Carlos, SP, Brasil) (33,37-39). Posteriormente, no G6 foi aplicada a medicação intracanal de hidróxido de cálcio por 14 dias.

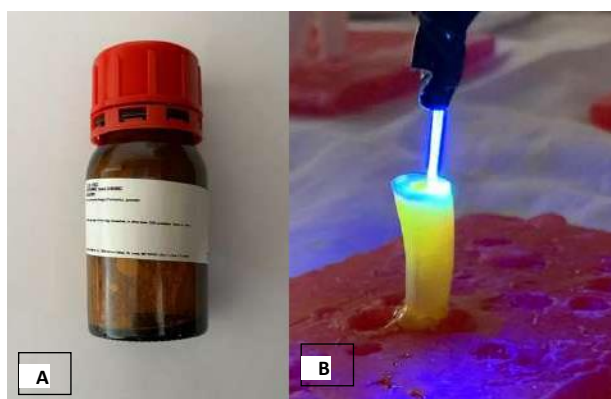


Figura 6A. Fotossensibilizador curcumina. **B.** Ativação do FS-CC com Led Azul.

Preencheu-se os grupos G7 e G8 com o FS-AM 50mg/L Azul de Metileno ChimioLux (DCM Importação e Exportação de Equipamentos LTDA, São Carlos-SP) por um período de 180 segundos (período de pré-irradiação) e após isso, foram ativados por Laser vermelho λ 660nm (Laser duo) por 60 segundos, tendo como apoio a fibra óptica flexível descartável de diâmetro de 300 μ m (MMOptics, São Carlos, SP, Brasil). Adiante, o G8 recebeu a medicação intracanal de hidróxido de cálcio por 14 dias.

Para os grupos experimentais que foram submetidos à TFD (G3, G4, G5, G6, G7, e G8), antes da irradiação com Laser infravermelho ou Led azul, os FS foram agitados por 1 minuto usando o inserto ultrassônico Irrisonic E1 (Helse Dental Technology, Santa Rosa de Viterbo, SP, Brasil) acoplado ao ultrassom (NEWTRON P5 XS, Satelec Acteon, Mérignac, França) na escala de potência 2. A ativação dos FS foi realizada sem refrigeração, a 2mm aquém do CRT. Todo esforço foi feito para minimizar o contato da ponta do ultrassom com as paredes dos canais radiculares (33,37-40).

Durante o período da TFD foram realizados movimentos helicoidais com fibra óptica na direção apical-cervical 10 vezes por minuto (33,37-40). Após a TFD, foi realizada a irrigação final nos grupos (G3, G4, G5, G6, G7 e G8) com 10 mL de água deionizada para remoção dos FS e secagem com cânulas de aspiração e pontas de papel absorvente #80.

3.5 Medicação de hidróxido de cálcio e selamento coronário

Os Grupos G1, G3, G5 e G7 não foram submetidos à medicação intracanal Ca(OH)_2 , permanecendo vazios até a obturação do canal radicular (1).

A medicação intracanal de Ca(OH)_2 (Biodinâmica Química e Farmacêutica, Iporã-PR, Brasil) acrescida de iodofórmio (Biodinâmica Química e Farmacêutica, Iporã-PR, Brasil) foi levada por meio da espiral de Lentulo #4 (Maillefer-Dentsply, Petrópolis, RJ, Brasil), no G2 após o PBM e nos G4, G6 e G8 após a TFD (Figura 7).



Figura 7. Dente preenchido com medicação intracanal

Posteriormente, os dentes foram selados com selamento duplo de cimento Cimpat Branco (Septodont do Brasil Importadora Ltda, Barueri, SP, Brasil) e cimento de ionômero de vidro Maxxion R (FGM, Joinville, SC, Brasil) e armazenados em 100% de umidade, a 37°C. Após o período de 14 dias, foram removidos o selamento coronário e a medicação intracanal de Ca(OH)_2 com irrigação copiosa da solução de hipoclorito de sódio 2,5% e auxílio de uma lima K#80 no CRT (1,4).

3.6 Obturação dos canais radiculares

Os canais radiculares de todos os grupos foram obturados com cones de guta-percha principal #80 e cones de guta-percha auxiliares F e MF (Tanariman Indústria Ltda., Manacapuru, AM, Brasil) e cimento obturador MTA Fillapex (Angelus Indústria de Produtos Odontológicos 12 S/A, Londrina, PR, Brasil), adaptados no CRT, utilizando a técnica de obturação Híbrida de *Tagger* com Compactador de *McSpadden*#90 (Dentsply, Petrópolis, RJ, Brasil).

O acesso coronário foi selado com selamento duplo de cimento Cimpat Branco (Septodont do Brasil Importadora Ltda, Barueri, SP, Brasil) e cimento de ionômero de vidro Maxxion R (FGM, Joinville, SC, Brasil). Os dentes foram armazenados em 100% de umidade, a 37°C, por um período de 7 dias (33,37-40). Foi feita tomada radiográfica das amostras (Figura 8).

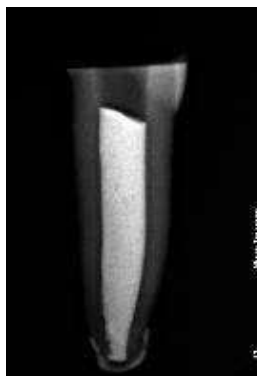


Figura 8. Radiografia digital da amostra obturada

3.7 Preparo para os pinos de fibra de vidro

O preparo intrarradicular foi confeccionado em todos os espécimes, utilizando uma broca de largo nº 1 (Dentsply-Maillefer, Tulsa, OK, USA) em baixa velocidade, para remover a guta-percha e confeccionar o espaço para posterior cimentação dos pinos (cavidade pulpar), que foi calibrado em profundidade de aproximadamente 9 mm, tendo como referência a medida do comprimento de trabalho do dente. Para a padronização do canal radicular foi usada a broca correspondente ao pino nº 2 (FGM, Joinville, SC, Brasil), garantindo a adaptação do pino ao canal radicular (14,41,49,50,53) (Figura 9).



Figura 9. Preparo das amostras para a cimentação dos pinos de fibra de vidro

3.8 Cimentação dos pinos de fibra de vidro

O retentor intrarradicular utilizado foi o pino de fibra de vidro White Post DCE no 2 (FGM, Joinville, SC, Brasil). Os pinos foram limpos com ácido

fosfórico a 37% (FGM, Joinville, SC, Brasil) durante 60 segundos, lavados com água corrente e secos com jatos de ar. Na sequência, foi aplicado o Silano RelyX Ceramic Primer (3M ESPE, St Paul, MN, USA) com um *microbrush* (KG SORENSEN, Cotia, SP, Brasil) e aplicados jatos de ar para volatizar o solvente do Silano. A cimentação dos pinos foi realizada com o cimento RelyXTM U200 (3M ESPE, St Paul, MN, USA). Anteriormente, os canais radiculares foram irrigados com soro fisiológico 0,9% (FARMACE, Barbelha, CE, Brasil) e posteriormente foi feita aspiração com cânulas endodônticas e secagem com pontas de papel absorvente #80 (Dentsply- Maillefer, Ballaigues, Suíça). A técnica de cimentação dos pinos de fibra de vidro foi feita por ativação dual, de acordo com as instruções do fabricante, como também, em concordância com outros estudos (33,37-40).

3.9 Análise da resistência de união

Utilizou-se 64 amostras que foram distribuídas em oito grupos (n=8) e foram cortados perpendicularmente ao longo eixo (Isomet 1000, Buheler, Ltd, Lake Bluff, Ill, EUA), obtendo-se *slices* de 1,3 mm os quais foram analisados (terços cervical, médio e apical) (33,37-40).

No teste de cisalhamento por extrusão (Teste de *push-out*), os dispositivos foram adaptados à máquina universal EMIC DL3000 (Emic, São José dos Pinhais, PR, Brasil). Na porção superior, fixou-se uma haste metálica com uma ponta de extrusão de 0,8 mm de diâmetro, e na porção inferior foi fixada a amostra em apoio de aço inoxidável (14,41,49,50,53).

A haste metálica da porção superior da máquina foi posicionada bem próxima ao corpo de prova, sem tocá-lo, de modo que sua ponta ativa coincidissem com o centro do pino de fibra de vidro, para evitar tensões nas paredes radiculares ao redor. Uma carga compressiva foi aplicada com velocidade de 0,5 mm/min até o deslocamento da massa obturadora (Figura 10).



Figura 10. A. Máquina universal EMIC DL3000. B. Haste metálica posicionada no centro do pino do corpode prova.

Os valores de resistência de união ao teste de *push-out* foram calculados pela seguinte divisão:

$$R_u = N/A.$$

Sendo, R_u (Resistência de União) a divisão da carga necessária para ruptura (N) pela área de interface de união (mm^2). Para determinar a área da interface de união, a seguinte formula foi utilizada:

$$A = \pi (R1 + R2) \sqrt{(R1 - R2)^2 + h^2}$$

Sendo, $\pi = 3,14$, $R1$ = maior diâmetro, $R2$ = menor diâmetro, h = altura de corte. $R1$ e $R2$ foram obtidos pela mensuração dos diâmetros internos da base (maior e menor), os quais correspondem ao diâmetro interno entre as paredes do canal radicular.

3.10 Análise em microscopia eletrônica de varredura

Após o teste de resistência de união, os *slices* foram seccionados ao meio para exposição da interface adesiva. As amostras seccionadas foram analisadas em lupa estereoscópica (Stemi SV11, Zeiss, NY, USA) nos aumentos de 6 e 66 vezes, para análise do modo de fratura segundo os escores adotado por Suzuki et al. 2015 (58), Strazzi-Sahyon et al. 2018 (42) e Strazzi-Sahyon et al. 2019 (41). As fraturas foram classificadas em: 1) falha adesiva, 2) falha coesiva na dentina e 3) falha mista. Amostras representativas de cada grupo foram fixadas em *stub* metálico, sendo metalizados com ouro em metalizador (Balzers SCD- 050 Sputter Coater, Alemanha) (Figura 11), e levados ao equipamento de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) (JEOL,

JSM 5600LV, Tóquio, Japão) para a ilustração dos padrões de fratura (Figura 12).



Figura 11. Amostras metalizadas com ouro em metalizador.



Figura 12. Microscópio para microscopia eletrônica de varredura

3.11 Análise da composição química da dentina intrarradicular pela Espectroscopia de Energia Dispersiva

Após remoção total da medicação intracanal e sem estarem obturados, foram cortados perpendicularmente ao longo eixo (Isomet 1000, Buheler, Ltd, Lake Bluff, Ill, EUA), obtendo-se *slices* de 1,3mm (terços cervical, médio e apical) (37,39).

Este microscópio possui ainda um sistema de EDS (Espectroscopia de Energia Dispersiva) (n=3), e foi utilizado para identificar a composição química do substrato da dentina intrarradicular, além de permitir o mapeamento dos mesmos em toda a área selecionada. A análise por EDS permite a identificação

dos elementos químicos presentes em cada superfície dentária, e foi realizada a qualificação do substrato da dentina intrarradicular com um detector para os elementos de carbono (C), oxigênio (O), fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e sódio (Na) (47,48). O EDS possui um software que avaliou automaticamente a quantidade relativa de cada um dos elementos detectados na região de interesse. Foi pré-selecionado cinco posições diferentes de cada espécime submetido à Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV). As cinco regiões distintas foram avaliadas, identificando a composição química para cada terço radicular e posteriormente uma média aritmética foi realizada para terço radicular (60,61).

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os dados da resistência de união e composição química foram submetidos ao teste de normalidade (Shapiro-Wilk; Jamovi Software 2.3) e de homogeneidade (Bartlett; Jamovi Software 2.3). Os dados da resistência de união do *push-out* foram analisados usando análise da variância (ANOVA) e teste post hoc de Tukey ($\alpha = 0.05$) (Jamovi Software 2.3). Os dados da Espectroscopia de Energia Dispersiva foram analisados usando análise da variância (ANOVA) e teste post hoc de Tukey ($\alpha = 0.05$) (Minitab Statistical Software, version 19.2020.1.0).

5. RESULTADOS

5.1 Resistência de União

Na Tabela 1 são apresentados os valores de resistência de união (*push-out*), os quais foram submetidos ao teste de normalidade e as médias comparadas por testes estatísticos específicos ($\alpha = 0,05$).

Avaliando as diferenças intragrupos, ou seja, os terços distintos, pode-se notar que no G1, o terço apical obteve valores de resistência de união menores quando comparado com os terços cervical e médio ($p < 0,05$). No G3, pode-se notar que o terço apical obteve valores maiores quando comparado com o terço cervical ($p = 0,007$) e no G4, o terço cervical obteve valores maiores quando comparado com o terço médio ($P = 0,015$). Nos grupos G2, G5, G6, G7 e G8 não foram observadas diferenças significativas entre os diferentes terços dos grupos analisados.

Fazendo uma comparação entre os terços de todos os grupos, verifica-se que no terço cervical o G3 apresentou valores menores em comparação ao G1, G4 e G6 ($P < 0,05$), enquanto o G4 apresentou valores maiores em comparação ao G2, G3, G5 e G8 ($P < 0,05$), e por último o G8 apresentou valores menores em comparação ao G6. Já o terço médio, o G1 apresentou valores maiores quando comparado com G2 ($P = 0,027$). E, no terço apical, observa-se que os grupos G1 e G2 tiveram valores menores quando comparados com G3, G5 e G7. ($P < 0,05$).

Tabela 1 - Valores médios \pm desvio padrão de resistência à extrusão (MPa) da dentinaintrarradicular em função dos grupos experimentais e terços intrarradiculares.

Grupos	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8
Terços								
Cervical	5.37 \pm 2.36 Aabc	3.93 \pm 1.17 Abcd	2.64 \pm 1.53 Bd	6.49 \pm 2.92 Aa	4.18 \pm 1.40 Abcd	6.03 \pm 2.12 Aab	4.54 \pm 2.02 Aabcd	3.44 \pm 1.65 Acd
Médio	5.59 \pm 4.21 Aa	3.10 \pm 2.11 Ab	3.45 \pm 2.11 ABab	3.50 \pm 2.48 Bab	4.94 \pm 1.80 Aab	4.95 \pm 2.59 Aab	4.72 \pm 2.84 Aab	4.14 \pm 1.37 Aab
Apical	3.04 \pm 1.26 Bb	3.36 \pm 1.69 Ab	5.67 \pm 2.42 Aa	4.51 \pm 2.73 ABab	6.14 \pm 1.66 Aa	4.56 \pm 2.59 Aab	5.57 \pm 2.53 Aa	4.02 \pm 2.15 Aab

G1-controle negativo; G2-controle positivo; G3-indocianina verde; G4-indocianina verde+medicação de hidróxido de cálcio; G5-curcumina; G6-curcumina+medicação de hidróxido de cálcio; G7-azul de metileno; G8-azul de metileno+ medicação de hidróxido de cálcio. Letras diferentes, sendo as maiúsculas nas colunas e as minúsculas nas linhas, indicam diferenças estatísticas significativas ($P < 0,05$)

5.2 Microscopia eletrônica de varredura

O Gráfico 1 apresenta a incidência do padrão de fratura das amostras dos diferentes grupos em função do tipo de falha. Em todos os grupos, houve a prevalência da falha mista, com exceção do G8, onde foi observado a prevalência da falha adesiva. Interessante salientar também que apenas os grupos G2 e G5 e G6 não apresentaram falha coesiva.

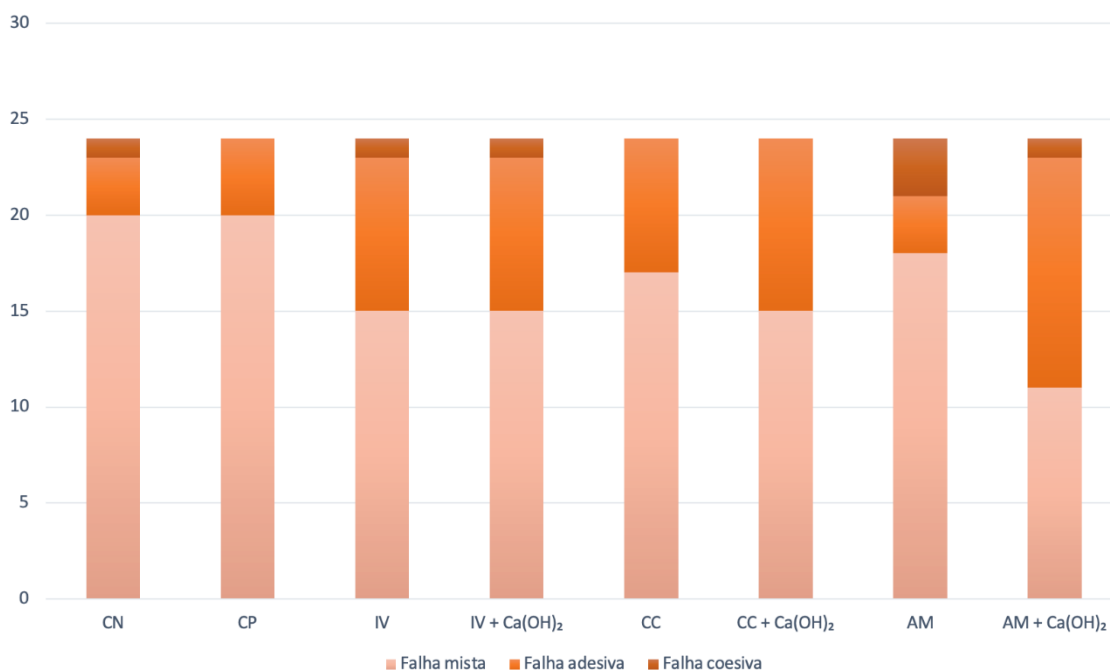


Gráfico 1 - Ocorrência de padrões de falha das amostras (número de terços de amostra).

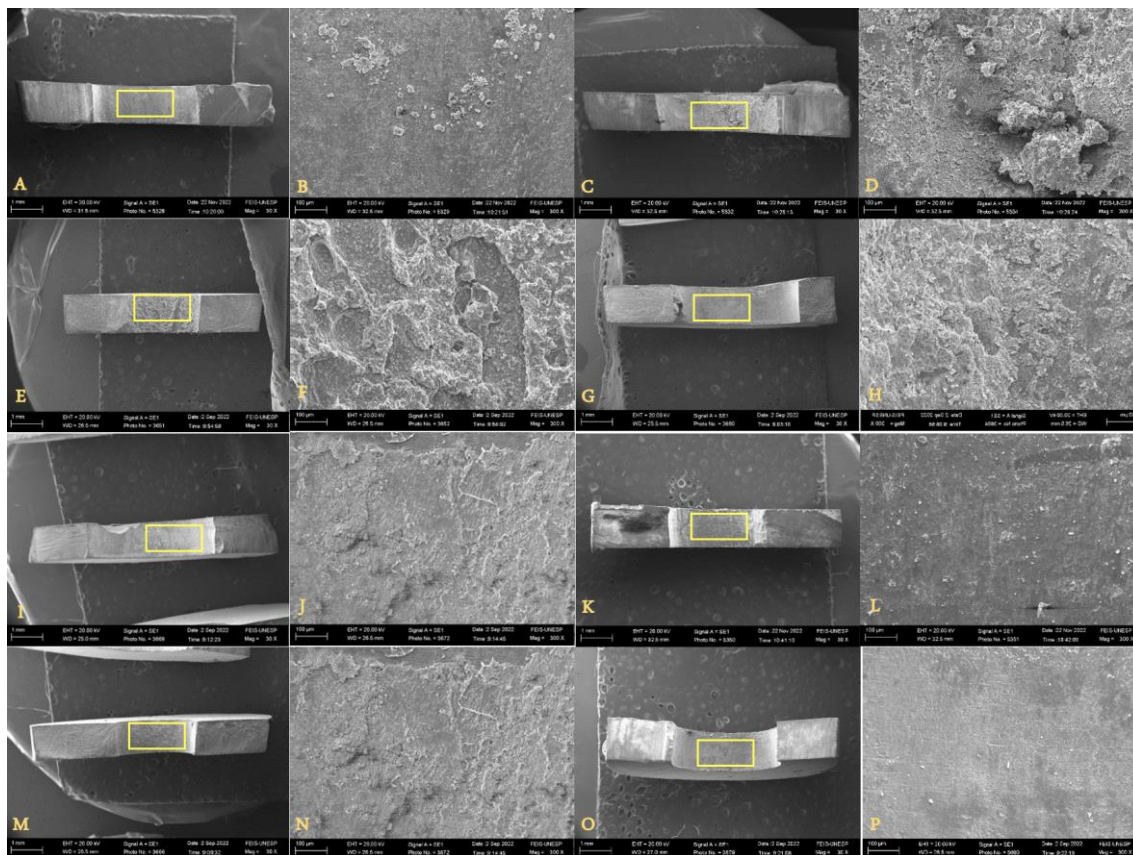


Figura 13. Amostras de microscopia eletrônica de varredura **A,B-** Amostra que representa falha mista no G1, com um aumento original de 30 x e 300x respectivamente. **C,D-** Amostra que representa falha adesiva no G2, com um aumento original de 30 x e 300x respectivamente. **E,F-** Amostra que representa falha mista no G3, com um aumento original de 30 x e 300x respectivamente **G,H-** Amostra que representa falha mista no G4, com um aumento original de 30 x e 300x respectivamente. **I,J-** Amostra que representa falha adesiva no G5, com um aumento original de 30 x e 300x respectivamente. **K,L-** Amostra que representa falha adesiva no G6, com um aumento original de 30 x e 300x respectivamente. **M,N** Amostra que representa falha mista no G7, com um aumento original de 30x e 300x respectivamente. **O,P** Amostra que representa falha adesiva no G8, com um aumento original de 30x e 300x respectivamente.

5.3 Espectroscopia de energia dispersiva

A partir dessa análise, pode-se constatar que o elemento carbono se mostrou presente nos três terços em todos os grupos, sem diferença estatisticamente significativa ($P < 0,05$).

Em relação ao oxigênio, pode-se notar que no G7 o terço médio apresentou maiores valores em comparação ao terço cervical ($P = 0,013$), e no G8 o terço cervical apresentou menores valores quando confrontado com o terço apical ($P = 0,022$). Analisando mesmo terço entre os grupos, nota-se que G2, G4 e G8 apresentam valores maiores que G1 e G7 no terço cervical ($P < 0,05$).

No que se refere ao elemento fósforo, observou-se que no G2, o terço médio apresentou valores menores em comparação aos terços cervical e apical ($P < 0,05$). Analisando o mesmo terço entre os grupos, pode-se notar que no terço cervical do G1 e G5, houve maiores maiores valores quando comparado aos grupos que G2 e G4 ($P < 0,05$), enquanto G3 e G7 apresentam valores maiores que G2 ($P < 0,05$). Em relação ao terço médio, nota-se que G2 apresentou menores valores em comparação aos G1, G3, G5 e G7 ($P < 0,05$). No terço apical, G1, G3, G5 e G7 apresentaram maiores valores que G2 ($P < 0,05$), enquanto G1 e G5 mostraram maiores valores que G6 ($P < 0,05$).

Em relação ao cálcio, ao analisar o mesmo terço entre os grupos, o G2 apresentaram maiores valores no terço cervical e apical em comparação ao G3 ($P < 0,05$). No terço apical, G2 apresentou maiores valores quando comparado com G3 e G5 ($P < 0,05$).

Sobre o magnésio, nota-se que no terço cervical do G5, houve maiores valores quando comparado com o mesmo terço do G2 e G6 ($P < 0,05$), e, G1 e G5 apresentaram valores maiores quando comparado com G2 ($P < 0,05$), também no terço cervical.

No que se diz respeito ao sódio, analisando o mesmo terço entre os grupos, notou-se que, no terço cervical, G1 obteve valores maiores quando comparado com G2, G4, G6 e G8 ($p < 0,05$). E, no terço apical, G6 e G8 apresentou valores menores em comparação com G1, G5 e G7 ($p < 0,05$). Além disso, G2 apresentou valores menores quando comparado com G1 e G5 ($p < 0,05$).

Em relação ao silício e zinco, não houve diferenças estatisticamente

significantes ($p>0,05$), mas pode-se observar que o silício apareceu apenas no G1 em todos os terços e no G5 apenas no terço médio. Já o zinco, apareceu no G2 em todos os terços, no G4 apenas no terço cervical, no G6 apenas no terço apical e no G8 apenas no terço cervical.

Grupos Terços	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8
Carbono								
Cervical	10.10 ± 2.61 Aa	9.58 ± 0.59 Aa	12.98 ± 0.13 Aa	11.96 ± 0.81 Aa	10.51 ± 2.12 Aa	10.45 ± 0.66 Aa	12.38 ± 0.87 Aa	11.28 ± 0.69 Aa
Médio	11.34 ± 2.41 Aa	10.87 ± 0.97 Aa	13.45 ± 1.23 Aa	11.70 ± 0.73 Aa	17.57 ± 6.05 Aa	10.82 ± 1.49 Aa	13.44 ± 1.18 Aa	13.18 ± 1.61 Aa
Apical	13.40 ± 3.15 Aa	10.44 ± 0.80 Aa	13.80 ± 0.04 Aa	11.16 ± 2.93 Aa	12.78 ± 0.65 Aa	10.88 ± 2.23 Aa	14.36 ± 1.58 Aa	12.30 ± 1.76 Aa
Oxigênio								
Cervical	40.82 ± 2.71 Aa	44.78 ± 3.02 Aa	42.47 ± 1.44 Aa	43.14 ± 3.11 Aa	41.64 ± 2.18 Aa	45.45 ± 1.32 Aa	39.47 ± 0.23 Ba	41.84 ± 1.28 Ba
Médio	42.34 ± 2.34 Aa	43.94 ± 6.83 Aa	43.00 ± 0.53 Aa	43.78 ± 1.07 Aa	41.57 ± 1.79 Aa	43.77 ± 0.92 Aa	41.63 ± 0.52 Aa	43.65 ± 0.72 ABa
Apical	40.51 ± 3.30 Ac	46.31 ± 1.46 Aa	43.02 ± 0.99 Aabc	45.30 ± 0.88 Aa	43.08 ± 1.04 Aabc	44.84 ± 0.24 Aab	40.72 ± 0.87 ABbc	45.00 ± 0.93 Aa
Fósforo								
Cervical	14.13 ± 2.21 Aa	6.68 ± 0.60 Ac	13.47 ± 0.49 Aab	9.59 ± 2.24 Abc	14.08 ± 1.56 Aa	10.30 ± 0.19Aabc	13.58 ± 1.37 Aab	10.91 ± 1.67 Aab
Médio	13.56 ± 2.03 Aa	5.17 ± 0.14 Bb	13.36 ± 0.37 Aa	9.70 ± 1.81 Aab	12.37 ± 2.21 Aa	9.70 ± 1.96 Aab	13.33 ± 0.50 Aa	9.89 ± 2.53 Aab
Apical	13.67 ± 1.73 Aa	6.80 ± 0.57 Ac	13.17 ± 0.31 Aab	9.98 ± 1.90 Aabc	13.31 ± 0.64 Aa	9.09 ± 1.93 Abc	12.75 ± 0.94 Aab	9.89 ± 2.38 Aabc
Cálcio								
Cervical	31.56 ± 3.41 Aab	36.62 ± 1.55 Aa	28.21 ± 0.98 Ab	33.05 ± 1.99 Aab	31.00 ± 2.19 Aab	31.97 ± 2.08 Aab	32.28 ± 0.95 Aab	33.63 ± 1.76 Aab
Médio	29.38 ± 2.67 Aa	30.56 ± 5.68 Aa	27.71 ± 0.06 Aa	32.69 ± 1.42 Aa	25.92 ± 5.52 Aa	34.01 ± 2.44 Aa	29.35 ± 1.59 Aa	31.56 ± 1.16 Aa
Apical	30.02 ± 2.53 Aab	33.89 ± 1.62 Aa	27.80 ± 1.27 Ab	31.32 ± 1.55 Aab	27.91 ± 0.89 Ab	32.48 ± 2.26 Aab	29.83 ± 2.68 Aab	30.86 ± 2.48 Aab
Magnésio								
Cervical	1.28 ± 0.23 Aab	0.79 ± 0.04 Ac	1.22 ± 0.27 Aabc	1.05 ± 0.14 Aabc	1.38 ± 0.21 Aa	0.82 ± 0.06 Abc	1.05 ± 0.16 Aabc	1.04 ± 0.16 Aabc
Médio	1.29 ± 0.22 Aa	0.91 ± 0.18 Aa	1.18 ± 0.30 Aa	1.23 ± 0.10 Aa	1.26 ± 0.12 Aa	0.88 ± 0.09 Aa	1.04 ± 0.09 Aa	0.97 ± 0.16 Aa
Apical	1.19 ± 0.22 Aa	0.95 ± 0.13 Aa	1.17 ± 0.28 Aa	1.09 ± 0.09 Aa	1.45 ± 0.12 Aa	0.93 ± 0.32 Aa	1.02 ± 0.16 Aa	0.90 ± 0.25 Aa
Sódio								
Cervical	1.73 ± 0.13 Aa	0.87 ± 0.06 Ab	1.26 ± 0.49 Aab	0.88 ± 0.24 Ab	1.38 ± 0.12 Aab	1.01 ± 0.17 Ab	1.23 ± 0.26 Aab	0.85 ± 0.03 Ab
Médio	1.72 ± 0.16 Aa	1.43 ± 1.19 Aa	1.30 ± 0.32 Aa	0.90 ± 0.06 Aa	1.15 ± 0.21 Aa	0.84 ± 0.14 Aa	1.19 ± 0.26 Aa	0.74 ± 0.17 Aa
Apical	1.63 ± 0.24 Aa	0.85 ± 0.11 Acd	1.26 ± 0.29 Aabcd	0.99 ± 0.18 Abcd	1.47 ± 0.16 Aab	0.78 ± 0.05 Ad	1.32 ± 0.10 Aabc	0.76 ± 0.21 Ad
Silício								
Cervical	0.37 ± 0.65 Aa	0.00 ± 0.00 Aa	0.00 ± 0.00 Aa	0.00 ± 0.00 Aa	0.00 ± 0.00 Aa	0.00 ± 0.00 Aa	0.00 ± 0.00 Aa	0.00 ± 0.00 Aa
Médio	0.38 ± 0.65 Aa	0.00 ± 0.00 Aa	0.00 ± 0.00 Aa	0.00 ± 0.00 Aa	0.16 ± 0.28 Aa	0.00 ± 0.00 Aa	0.00 ± 0.00 Aa	0.00 ± 0.00 Aa
Apical	0.36 ± 0.63 Aa	0.00 ± 0.00 Aa	0.00 ± 0.00 Aa	0.00 ± 0.00 Aa	0.00 ± 0.00 Aa	0.00 ± 0.00 Aa	0.00 ± 0.00 Aa	0.00 ± 0.00 Aa
Zinco								
Cervical	0.00 ± 0.00 Aa	0.50 ± 0.87 Aa	0.00 ± 0.00 Aa	0.33 ± 0.57 Aa	0.00 ± 0.00 Aa	0.00 ± 0.00 Aa	0.00 ± 0.00 Aa	0.07 ± 0.12 Aa
Médio	0.00 ± 0.00 Aa	6.98 ± 12.08 Aa	0.00 ± 0.00 Aa	0.00 ± 0.00 Aa	0.00 ± 0.00 Aa	0.00 ± 0.00 Aa	0.00 ± 0.00 Aa	0.00 ± 0.00 Aa
Apical	0.00 ± 0.00 Aa	0.76 ± 1.32 Aa	0.00 ± 0.00 Aa	0.00 ± 0.00 Aa	0.00 ± 0.00 Aa	1.01 ± 1.74 Aa	0.00 ± 0.00 Aa	0.00 ± 0.00 Aa

6. DISCUSSÃO

A partir das análises realizadas no presente estudo verificou-se que houve diferenças estatisticamente significativas na resistência de união dos pinos de fibra de vidro à dentina intrarradicular, assim como na concentração dos elementos avaliados na dentina intrarradicular, o que se deve ao uso dos diferentes FS, tal como pela presença da medicação intracanal de hidróxido de cálcio. Dito isso, rejeita-se as duas hipóteses nulas apresentadas.

Apesar do uso de diferentes estratégias terapêuticas no preparo biomecânico do sistema de canais radiculares, estudos como Vera et al. (2012) e Siqueira et al. (2014) evidenciam que o PBM associado às soluções irrigadoras e medicação intracanal não são suficientes para a completa desinfecção dos canais radiculares. Assim, tem-se feito o uso da terapia fotodinâmica, que consiste no uso de fotossensibilizadores, como curcumina, azul de metileno e indocianina verde, associado a uma luz de comprimento de onda específica que reage com o oxigênio do ambiente, formando o oxigênio singlete que promove a destruição das bactérias resistentes e reduz a probabilidade do insucesso da terapia endodôntica. (20-22)

O uso da terapia fotodinâmica potencializa a eliminação de MO, todavia, o seu uso influencia na resistência de união do cimento obturador à dentina intrarradicular, como foi exposto por Banci e colaboradores (2023). Para tanto, tem-se realizado testes de resistência de união dos pinos de fibra de vidro como *push-out*, microscopia eletrônica de varredura, e espectroscopia de energia dispersiva para verificar os efeitos da TFD com o uso de FS-IV, FS-CC ou FS-AM e medicação de hidróxido de cálcio.

O *push out* é um teste mecânico de microtração e cisalhamento por extrusão, o qual analisa a resistência de união à dentina intrarradicular. Neste estudo, os grupos da CC (grupos G5 e G6) apresentaram maiores valores de resistência de união, observado na tabela 1. Tal resultado pode ser explicado pela anionicidade da Curcumina, que provoca alterações no complexo de cálcio do substrato dentinário e, pode ter ocorrido uma interação do fluxo do cimento resinoso com a superfície da dentina intrarradicular, fator que provoca retenção micro-mecânica e à vista disso, resulta em valores maiores de resistência de união, fato evidenciado na pesquisa de Strazzi Sahyon et al (2018) (41).

Quando se analisa e compara os grupos G7 e G8, ambos referentes AM, nota-se que no terço cervical do grupo G8 houve menores valores de resistência de união (Tabela 1), o que pode ser explicado pelo fato do AM ser um composto catiônico, o que permite sua ligação com compostos aniônicos, como os íons fosfato, presentes nos cristais de hidroxiapatita, influenciando, assim, na relação cálcio-fosfato. Essa reação produz precipitações, que formam uma espécie de barreira física, não permitindo a interação do cimento resinoso com a superfície dentinária Strazzi-Sahyon et al (2020) (38)

Em relação aos grupos G3 e G4, os quais receberam a IV, nota-se uma grande diferença no terço cervical (Tabela 1), onde o grupo que recebeu a medicação intracanal, apresentou valores significativamente mais altos do que o grupo que não recebeu, podendo estar relacionado ao fato da medicação de hidróxido de cálcio levar a um aumento no pH do substrato, fator que pode ajudar no processo de fotoreação a partir do momento que oxigênio altamente reativo é formado de forma mais intensa em meios alcalinos de acordo com Singh et al. (2015) (68). Pode ser observado também que os grupos que receberam esse FS obtiveram valores menores de resistência de união, podendo ser explicado pela presença de um efeito fototérmico, o qual causa um decréscimo nesse valor (69). Além disso, a carga aniônica quando ativada por certo comprimento de onda se liga as proteínas plasmáticas e dificulta o intertravamento do cimento com a dentina radicular (69).

A fratura do cimento resinoso à dentina intrarradicular pode ser devido à uma falha adesiva, falha coesiva ou falha mista. Os dados do padrão de fratura mostraram que todos os grupos apresentaram a prevalência da falha mista. A predominância desse tipo de falha para o FS-AM corrobora com os achados de Banci et al., 2023 (44), em que esse fenômeno ocorre pela intensidade da absorção de água, que é diretamente proporcional à concentração do FS (44). Os achados do FS-CC se contrapõem com o estudo de Strazzi-Sahyon et al (2021) (36), no qual para o FS-CC 500mg/L houve maior registro de falha adesiva, porém, isso pode ser explicado pelo fato deste ter feito uso de duas terapias, enquanto no nosso estudo foi utilizada apenas uma. Para o FS-IV, nossos resultados mostram um maior índice de falha mista, o que se contrapõe com os achados de Maawadh et al. (2023) (69), que obtiveram uma maior

prevalência de falha adesiva para esse FS, no entanto, tal fato pode ter ocorrido pelas diferentes metodologias utilizados nos trabalhos. (69).

A Espectroscopia de Energia Dispersiva (EDS) nos permitiu identificar a composição química das amostras do substrato da dentina intrarradicular através de um detector específico, o qual mapeou a região que nos interessava. Essa análise foi feita no mesmo microscópio utilizado para o MEV (57,60,61).

É notável a presença de Cálcio e Fósforo em todos os grupos, pois são os majoritários componentes inorgânicos dos cristais de hidroxiapatita (70). Pôde-se observar que os valores do elemento Cálcio estão elevados nos grupos que receberam a medicação intracanal, o que pode ser justificado pelo fato da remoção do Ca(OH)_2 não ter sido completamente eficaz, fato evidenciado também no estudo de Mohammadi & Dummer 2011, que relataram apenas utilizando técnicas rotineiras como o NaClO , a completa remoção do hidróxido de cálcio pode não ser alcançável (71). Sabe-se que a TFD é um método de desinfecção, no qual engloba-se o FS, a fonte de radiação com comprimento de onda correto e a presença de oxigênio no substrato (72), desse modo, justifica-se os altos níveis de oxigênio em nosso estudo. Além disso, Singh et al. (2015) (73) cita que o efeito do FS é intensificado em um ambiente alcalino, corroborando com nossas análises, nas quais os grupos que recebem a medicação intracanal, a quantidade de oxigênio foi mais alta.

É notável ainda, a presença do elemento silício no G1 e G5 (terço médio), esse fenômeno pode ser explicado pois nesse estudo ter sido usado o cimento obturador MTA Fillapex, o qual libera ions de desse elemento (74). Além disso, o mesmo estudo feito por Abu Zeid et al. evidenciou que o MTA Fillapex também libera íons de fósforo, o que corrobora com nosso estudo, já que todos os grupos apresentaram a presença desse elemento. Foram achados também em todos os grupos os elementos sódio e magnésio, que são usualmente encontrados nos cristais de apatita, os quais compõem a estrutura dentária (70).

É notável a relevância emergente da utilização da PDT na odontologia, em vista de suas características antimicrobianas, fato que levanta dúvidas sobre sua influência sobre a estrutura dentária e produtos utilizados nos

procedimentos odontológicos. Nosso estudo traz resultados significativos nesse âmbito, mostrando que o uso de FSs., assim como a escolha de qual utilizar, influencia na resistência de união entre dentina intrarradicular e cimentos resinosos na cimentação de PFV. Ademais, foi destacada a influência da medicação intracanal de hidróxido de cálcio, a qual também demonstrou causar alterações na resistência de união entre a dentina intrarradicular e cimentos resinosos. Dito isso, é de grande valor para a odontologia, especialmente para dentistas e endodontistas, para que possam ter informações fundamentais com o intuito de escolher as melhores estratégias e fornecer o melhor tratamento para seus pacientes, em especial para aqueles com grande perda da estrutura coronária em elementos dentários que receberam tratamento endodôntico.

No entanto, o estudo *in vitro* em si não é suficiente para reproduzir de forma precisa as características e condições bucais humanas. No caso desse estudo, há limitações, devido à utilização de dentes bovinos, além da heterogeneidade de seu substrato dentário, há a dificuldade e complexidade da instrumentação de regiões mais profundas, e incerteza em relação à remoção eficaz da medicação intracanal de hidróxido de cálcio. Em vista disso, são necessários estudos que complementem os nossos achados sobre a PDT.

7. CONCLUSÃO

Baseado na metodologia realizada e nos resultados obtidos no presente estudo, foi possível concluir que, a TFD com diferentes FSs associada com a MIC de hidróxido de cálcio teve influência sob a RU entre PFV e a dentina intrarradicular, assim como na composição química do substrato dentinário. Além disso, pode-se inferir que a o FS-CC 500mg/L ativado com LED azul (λ 480 nm) obteve, em todos os terços analisados, na presença ou não de MIC, resultados promissores de RU.

8. REFERÊNCIAS

1. Holland R, Otoboni Filho JA, de Souza V, Nery MJ, Bernabé PF, Dezan E Jr. A comparison of one versus two appointment endodontic therapy in dogs' teeth with apical periodontitis. *J Endod.* 2003;29(2):121–124.
2. Chalub LO, Nunes GP, Strazzi-Sahyon HB, Ferrisse TM, Dos Santos PH, Gomes-Filho JE, Cintra LTA, Sivieri-Araujo G. Antimicrobial effectiveness of ultrasonic irrigation in root canal treatment: a systematic review of randomized clinical trials and meta-analysis. *Clin Oral Investig.* 2023 Apr;27(4):1343-1361.
3. Alves FR, Andrade-Junior CV, Marceliano-Alves MF, Pérez AR, Rôças IN, Versiani MA, Sousa-Neto MD, Provenzano JC, Siqueira Jr JF. Adjunctive steps for disinfection of the mandibular molar root canal system: a correlative bacteriologic, micro-computed tomography, and cryopulverization approach. *J Endod.* 2016;42(11):1667–1672.
4. Lin LM, Ricucci D, Lin J, Rosenberg PA. Nonsurgical root canal therapy of large cyst-like inflammatory periapical lesions and inflammatory apical cysts. *J Endod.* 2009;35(5):607–615.
5. Zancan RF, Vivan RR, Milanda Lopes MR, Weckwerth PH, Andrade FB, Ponce JB, HungaroDuarte A. Antimicrobial activity and physicochemical properties of calcium hydroxide pastes used as intracanal medication. *J Endod.* 2016;42(12):1822–1828.
6. Ferreira NS, Martinho FC, Cardoso FG, Nascimento GG, Carvalho CA, Valera MC. Microbiological profile resistant to different intracanal medications in primary endodontic infections. *J Endod.* 2015;41(6):824–830. doi:10.1016/j.joen.2015.01.031
7. Silva L, Nelson-Filho P, Leonardo MR, Rossi MA, Pansani CA. Effect of calcium hydroxide on bacterial endotoxin in vivo. *J Endod.* 2002;28(2):94–98.
8. Vera J, Siqueira JF Jr, Ricucci D, Loghin S, Fernández N, Flores B, Cruz AG. One-versus two-visit endodontic treatment of teeth with apical periodontitis: a histobacteriologic study. *J Endod.* 2012;38(8):1040–1052.
9. Siqueira JF Jr, Rôças IN, Ricucci D, Hülsmann M. Causes and management of post-treatment apical periodontitis. *Br Dent J.* 2014;216(6):305–312.
10. Siqueira JF Jr, Rôças IN, Paiva SS, Guimarães-Pinto T, Magalhães KM, Lima KC. Bacteriologic investigation of the effects of sodium hypochlorite and chlorhexidine during the endodontic treatment of teeth with apical periodontitis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2007;104(1):122–130.
11. Beltes C, Sakkas H, Economides N, Papadopoulou C. Antimicrobial photodynamic therapy using Indocyanine green and near-infrared diode laser in reducing *Enterococcus faecalis*. *Photodiagnosis Photodyn Ther.* 2017;17:5–8.
12. Love RM. *Enterococcus faecalis*--a mechanism for its role in endodontic failure. *Int Endod J.* 2001;34(5):399–405.
13. Barbosa-Ribeiro M, De-Jesus-Soares A, Zaia AA, Ferraz CC, Almeida JF, Gomes BP. Antimicrobial susceptibility and characterization of virulence genes of *Enterococcus faecalis* isolates from teeth with failure of the endodontic treatment. *J Endod.* 2016;42(7):1022–1028.
14. Ghorbanzadeh A, Bahador A, Sarraf P, Ayar R, Fekrazad R, Asefi S. Ex vivo

- comparison of antibacterial efficacy of conventional chemomechanical debridement alone and in combination with light-activated disinfection and laser irradiation against *Enterococcus faecalis* biofilm. *Photodiagnosis Photodyn Ther.* 2020;29:101648.
15. Yamamoto LY, Loureiro C, Cintra LTA, Leonardo RT, Banci HA, Ribeiro AP, SivieriAraujo G, Jacinto RC. Antibiofilm activity of laser ablation with indocyanine green activated photodynamic therapy on root canals infected with *Enterococcus faecalis*. *Photodiagnosis Photodyn Ther.* 2021;35:102377–82.
 16. Persadmehr A, Torneck CD, Cvitkovitch DG, Pinto V, Talior I, Kazembe M, Shrestha S, McCulloch CA, Kishen A. Bioactive chitosan nanoparticles and photodynamic therapy inhibit collagen degradation in vitro. *J Endod.* 2014;40(5):703–709.
 17. Pourhajibagher M, Chiniforush N, Shahabi S, Palizvani M, Bahador A. Antibacterial and antibiofilm efficacy of antimicrobial photodynamic therapy against intracanal *Enterococcus faecalis*: an in vitro comparative study with traditional endodontic irrigation solutions. *J Dent (Tehran).* 2018;15(4):197–204.
 18. Mirzaie M, Yassini E, Ashnagar S, Hadadi A, Chiniforush N. Evaluation of temperature change during antimicrobial photodynamic therapy with two different photosensitizers in dental caries. *Photodiagnosis Photodyn Ther.* 2016;14:115–118.
 19. Berbert FL, Sivieri-Araújo G, Ramalho LT, Pereira SA, Rodrigues DB, de Araújo MS. Quantification of fibrosis and mast cells in the tissue response of endodontic sealer irradiated by low-level laser therapy. *Lasers Med Sci.* 2011;26(6):741–747.
 20. Sivieri-Araujo, G., Berbert, F.L.C.V., Ramalho, L.T.O. et al. Effect of red and infrared lowlevel laser therapy in endodontic sealer on subcutaneous tissue. *Laser Phys* 2011;21(1):2149–2155.
 21. Mahmoudi H, Bahador A, Pourhajibagher M, Alikhani MY. Antimicrobial photodynamic therapy: an effective alternative approach to control bacterial infections. *J Lasers Med Sci.* 2018;9(3):154–160.
 22. Allison RR, Moghissi K. Photodynamic Therapy (PDT): PDT Mechanisms. *Clin Endosc.* 2013;46(1):24–29.
 23. Bilkis I, Silman I, Weiner L. Generation of reactive oxygen species by photosensitizers and their modes of action on proteins. *Curr Med Chem.* 2018;25(40):5528–5539.
 24. Gomes-Filho JE, Sivieri-Araujo G, Sipert CR, Santos LMS, Queiroz IOA, Men CM, Maia NKC, Cintra LTA, Dezan-Junior E, Bagnato VS, Chaves-Neto AH, Oliveira SHP. Evaluation of photodynamic therapy on fibroblast viability and cytokine production. *Photodiagnosis Photodyn Ther.* 2016;13:97–100.
 25. Cushnie TP, O'Driscoll NH, Lamb AJ. Morphological and ultrastructural changes in bacterial cells as an indicator of antibacterial mechanism of action. *Cell Mol Life Sci.* 2016;73(23):4471–4492.
 26. Faria CMG, Inada NM, Kurachi C, Bagnato VS. Determination of the threshold dose distribution in photodynamic action from in vitro experiments. *J Photochem Photobiol B.* 2016;162:168–175.

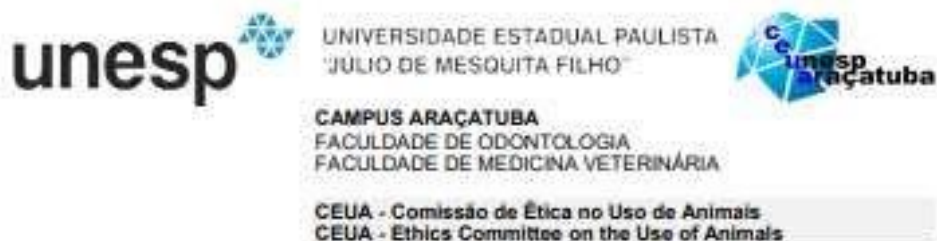
27. Allison RR, Sibata CH. Photodynamic therapy: mechanism of action and role in the treatment of skin disease. *G Ital Dermatol Venereol*. 2010;145(4):491–507.
28. Allison RR, Moghissi K. Oncologic photodynamic therapy: clinical strategies that modulate mechanisms of action. *Photodiagnosis Photodyn Ther*. 2013;10(4):331–341.
29. Sivieri-Araujo G, Queiroz ÍOA, Fabbro RD, et al. Rat tissue reaction and cytokine production induced by antimicrobial photodynamic therapy. *Photodiagnosis Photodyn Ther*. 2017;18:315–318.
30. Shrestha A, Cordova M, Kishen A. Photoactivated polycationic bioactive chitosan nanoparticles inactivate bacterial endotoxins. *J Endod*. 2015;41(5):686–691.
31. Silva LA, Novaes AB Jr, de Oliveira RR, Nelson-Filho P, Santamaria M Jr, Silva RA. Antimicrobial photodynamic therapy for the treatment of teeth with apical periodontitis: a histopathological evaluation. *J Endod*. 2012;38(3):360–366.
32. Bulit F, Grad I, Manoil D, Simon S, Wataha JC, Filieri A, Feki A, Schrenzel J, Lange N, Bouillaguet S. Antimicrobial activity and cytotoxicity of 3 photosensitizers activated with blue light. *J Endod*. 2014;40(3):427–431.
33. Neelakantan P, Cheng CQ, Ravichandran V, Mao T, Sriraman P, Sridharan S, Subbarao C, Sharma S, Kishen A. Photoactivation of curcumin and sodium hypochlorite to enhance antibiofilm efficacy in root canal dentin. *Photodiagnosis Photodyn Ther*. 2015;12(1):108–114.
34. Sivieri-Araujo G, Strazzi-Sahyon HB, Jacomassi DP, Santos PH, Cintra LTA, Kurachi C, Bagnato VS. Effects of methylene blue and curcumin photosensitizers on the color stability of endodontically treated intraradicular dentin. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*. 2022, 37: 102650.
35. Sahyon HBS, Cintra LTA, Nakao JM, Takamiya AS, Queiroz IOA, Santos PH, Oliveira SHP, Sivieri-Araujo G. Cytotoxicity of root canal irrigating solutions and photodynamic therapy using curcumin photosensitizer. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*. 2022;38:102795,
36. Strazzi-Sahyon HB, da Silva PP, Nakao JM, da Silva PZ, Nunes LP, Seron MA, Cintra LTA, Dos Santos PH, Sivieri-Araujo G. Influence of two photodynamic therapy sessions and different photosensitizers on the bond strength of glass-fiber posts in different regions of intraradicular dentin. *Photodiagnosis Photodyn Ther*. 2021;33:102193–200.
37. Strazzi-Sahyon HB, Oliveira AKL, Carvalho AP, Figueiredo RB, Cintra LT, Gomes-Filho JE, Dos Santos, PH, Sivieri-Araujo, G. Influence of photodynamic therapy and intracanal medication on Martenshardness, elastic modulus and bond strength of glass-fiber posts to endodontically treated root entin. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*, 2021;36:02571-102579.
38. Strazzi-Sahyon HB, Oliveira MS, Silva PP, Banci HA, Melo FS, Martinez CMT, Cintra LTA, Gomes-Filho JE, Dezan-Junior E, De Santos PH, Sivieri-Araujo G. Does photodynamic therapy with methylene blue affect the mechanical properties and bond strength of glass-fiber posts in different thirds of intraradicular dentin? *Photodiagnosis Photodyn Ther*. 2020;30:101673–80.
39. Banci HA, Strazzi-Sahyon HB, Duarte M, Cintra L, Gomes-Filho JE, Chalub LO, Berton SA, de Oliveira V, Dos Santos PH, Sivieri-Araujo G. Influence of photodynamic therapy on bond strength and adhesive interface morphology

- of MTA based root canal sealer to different thirds of intraradicular dentin. *Photodiagnosis Photodyn Ther.* 2020;32:102031–9.
40. Strazzi Sahyon HB, Silva PPD, Oliveira MS, Cintra LTA, Dezan-Júnior E, Gomes-Filho JE, Jacinto RC, Santos PH, Sivieri-Araujo G. Influence of curcumin photosensitizer in photodynamic therapy on the mechanical properties and push-out bond strength of glass-fiber posts to intraradicular dentin. *Photodiagnosis Photodyn Ther.* 2019;25:376–81.
 41. Strazzi-Sahyon HB, Silva PP, Oliveira MS, Cintra LTA, Gomes-Filho JE, Santos PH, Sivieri-Araujo G. Effect of photodynamic therapy on the mechanical properties and bond strength of glass-fiber posts to endodontically treated intraradicular dentin. *J Prosthet Dent.* 2018;120(2):317.e7.
 42. Silva PP. Influencia da terapia fotodinâmica na resistência de união de pinos de fibra de vidro à dentina radicular. Iniciação Científica, Processo FAPESP No: 2015/06056-3.
 43. Banci HA, Strazzi-Sahyon HB, Bento VAA, Sayeg JMC, Bachega MO, Pellizzer EP, Sivieri-Araujo G. Influence of antimicrobial photodynamic therapy on the bond strength of endodontic sealers to intraradicular dentin: A systematic review and meta-analysis. *Photodiagnosis Photodyn Ther.* 2023 Mar;41:103270.
 44. Strazzi-Sahyon HB, Banci HA, Melo FS, Soares LS, Spin-Neto R, Duarte MAH, Cintra LTA, Dos Santos PH, Sivieri-Araujo G. In vitro study on how photodynamic therapy and calcium hydroxide medication influence adhesive interface properties of glass-fiber posts to intraradicular dentin. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2023 May;141:105757.
 45. Sivieri-Araujo G. Influência de diferentes soluções irrigadoras associadas à terapia fotodinâmica: estudo in vitro e in vivo. [Projeto de Pós-Doutorado - FAPESP]. Araçatuba: Faculdade de Odontologia de Araçatuba, UNESP; 2012-2014.
 46. Topaloglu N, Gulsoy M, Yuksel S. Antimicrobial photodynamic therapy of resistant bacterial strains by indocyanine green and 809-nm diode laser. *Photomed Laser Surg.* 2013;31(4):155–162.
 47. Wang XH, Peng HS, Yang W, Ren ZD, Liu XM, Liu YA. Indocyanine green-platinum porphyrins integrated conjugated polymer hybrid nanoparticles for near-infrared-triggered photothermal and two-photon photodynamic therapy. *J Mater Chem. B.* 2017;5, 1856-1862.
 48. Pourhajibagher M, Chiniforush N, Shahabi S, Ghorbanzadeh R, Bahador A. Sub-lethal doses of photodynamic therapy affect biofilm formation ability and metabolic activity of *Enterococcus faecalis*. *Photodiagnosis Photodyn Ther.* 2016;15:159–166.
 49. Beltes C, Economides N, Sakkas H, Papadopoulou C, Lambrianidis T. Evaluation of antimicrobial photodynamic therapy using indocyanine green and near-infrared diode laser against *Enterococcus faecalis* in infected human root canals. *Photomed Laser Surg.* 2017;35(5):264–269.
 50. Pourhajibagher M, Ghorbanzadeh R, Bahador A. Investigation of arginine A-specific cysteine proteinase gene expression profiling in clinical *Porphyromonas gingivalis* isolates against photokilling action of the photo-activated disinfection. *Lasers Med Sci.* 2018;33(2):337–341.

51. Pourhajibagher M, Chiniforush N, Ghorbanzadeh R, Bahador A. Photo-activated disinfection based on indocyanine green against cell viability and biofilm formation of *Porphyromonas gingivalis*. *Photodiagnosis Photodyn Ther*. 2017;17:61–64.
52. Rego-Filho FG, Oliveira MTALT, Bagnato VS. Validation of Photodynamic Action via Photobleaching of a New Curcumin-Based Composite with Enhanced Water Solubility. *J Fluoresc*. 2014;24(5):1407-13.
53. Hosseini A, Hosseinzadeh H. Antidotal or protective effects of *Curcuma longa* (turmeric) and its active ingredient, curcumin, against natural and chemical toxicities: A review. *Biomed Pharmacother*, 2018; 99:411-421.
54. Sivieri-Araujo G, Santos LMS, Queiroz IOA, Wayama M. T, Yamanari GH, Martins CM, Dezan-Júnior E, Cintra LTA, Gomes-Filho JE. Photodynamic therapy in Endodontics: Use of a supporting strategy to deal with endodontic infection. *Dental Press Endod*. 2013;3(2):52-58.
55. Dovigo LN, Pavarina AC, Carmello JC, Machado AL, Brunetti IL, Bagnato VS. Susceptibility of clinical isolates of *Candida* to photodynamic effects of curcumin. *Lasers Surg Med*. 2011 Nov;43(9):927- 34. doi: 10.1002/lsm.21110.
56. Azizi A, Shohrati P, Goudarzi M, Lawaf S, Rahimi A. Comparison of the effect of photodynamic therapy with curcumin and methylene Blue on streptococcus mutans bacterial colonies. *Photodiagnosis Photodyn Ther*. 2019 Sep;27:203-209. doi: 10.1016/j.pdpdt.2019.06.002. Epub 2019 Jun 5.
57. Moradi M, Fazlyab M, Pourhajibagher M, Chiniforush N. Antimicrobial action of photodynamic therapy on *Enterococcus faecalis* biofilm using curing light, curcumin and riboflavin. *Aust Endod J*. 2021 Sep 16. doi: 10.1111/aej.12565. Epub ahead of print.
58. Cusicanqui Méndez DA, Cardenas Cuéllar MR, Feliz Pedrinha V, Velásquez Espedilla EG, Bombarda de Andrade F, Rodrigues PA, Cruvinel T. Effects of curcumin-mediated antimicrobial photodynamic therapy associated to different chelators against *Enterococcus faecalis* biofilms. *Photodiagnosis Photodyn Ther*. 2021 Sep;35:102464. doi: 10.1016/j.pdpdt.2021.102464. Epub 2021 Jul 25.
59. Ilie N, Hilton TJ, Heintze SD, Hickel R, Watts DC, Silikas N, Stansbury JW, Cadenaro M, Ferracane JL. Academy of Dental Materials guidance-Resin composites: Part I-Mechanical properties. *Dent Mater*. 2017;33:880–94.
60. Suzuki TY, Gomes-Filho JE, Gallego J, Pavan S, Dos Santos PH, Fraga Briso AL. Mechanical properties of components of the bonding interface in different regions of radicular dentin surfaces. *J Prosthet Dent*. 2015;113:54–61.
61. Dimitrouli M, Geurtsen W, Lühns AK. Comparison of the push-out strength of two fiber post systems dependent on different types of resin cements. *Clin Oral Investig*. 2012;16:899-908.
62. Küçükaya Eren S, Uzunoğlu E, Sezer B, Yılmaz Z, Boyacı İH. Mineral content analysis of root canal dentin using laser-induced breakdown spectroscopy. *Restor Dent Endod*. 2018;43(1):e11.
63. Wang Z, Maezono H, Shen Y, Haapasalo M. Evaluation of root canal dentin erosion after different irrigation methods using energy-dispersive x-ray spectroscopy. *J Endod*. 2016;42(12):1834–1839.
64. Akbulut MB, Terlemez A. Does the Photon Induced Photoacoustic Streaming

- Activation of Irrigation Solutions Alter the Dentin Microhardness? Photobiomodul Photomed Laser Surg. 2019;37:38–44.
65. Piai GG, Duarte MAH, Nascimento ALD, Rosa RAD, Só MVR, Vivan RR. Penetrability of a new endodontic sealer: A confocal laser scanning microscopy evaluation. *Microsc Res Tech*. 2018;81(11):1246–9.
 66. Silva EJNL, Carvalho NK, Prado MC, Senna PM, Souza EM, De-Deus G. Bovine teeth can reliably substitute human dentine in an intra-tooth push-out bond strength model? *Int Endod J* 2019;52:1063-9.
 67. Camargo CH, Bernardineli N, Valera MC, de Carvalho CA, de Oliveira LD, Menezes MM, Afonso SE, Mancini MN. Vehicle influence on calcium hydroxide pastes diffusion in human and bovine teeth. *Dent Traumatol*. 2006;22(6):302-6.
 68. Singh, S., Nagpal, R., Manuja, N. and Tyagi, S.P. (2015), Photodynamic Therapy in Endodontics. *Aust Endod J*, 41: 54-71
 69. Ahmed M Maawadh, Khold Al Ahdal, Laila Al Deeb, Ahoud S Alshamrani, Thamer almohareb, Ali Alrahlah, Effectiveness of final cavity disinfectant terminalia chebula, malachite, and indocyanine green, against *E. Faecalis* and on the bond interface of fiber post to radicular dentin, Photodiagnosis and Photodynamic Therapy 2023,
 70. Ballal NV, Mala K, Bhat KS. Evaluation of decalcifying effect of maleic acid and EDTA on root canal dentin using energy dispersive spectrometer. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2011;112:e78-e84.
 71. Mohammadi Z, Dummer PM. Properties and applications of calcium hydroxide in endodontics and dental traumatology. *Int Endod J*. 2011 Aug;44(8):697-730. doi: 10.1111/j.1365-2591.2011.01886.x.
 72. Topaloğlu N, Kadıköylü G, Onak G, Karaman O. The effect of indocyanine green-based photodynamic therapy on healthy fibroblast and keratinocyte cells. *Photodiagnosis Photodyn Ther*. 2020;31:101891. doi:10.1016/j.pdpdt.2020.101891
 73. Singh S, Nagpal R, Manuja N, Tyagi SP. Photodynamic therapy: An adjunct to conventional root canal disinfection strategies. *Aust Endod J*. 2015;41(2):54-71. doi:10.1111/aej.12088
 74. Abu Zeid, S., Edrees, H. Y., Mokeem Saleh, A. A., & Alothmani, O. S. (2021). Physicochemical properties of two generations of MTA-based root canal sealers. *Materials*, 14(20), 5911.

9. ANEXO – Certificado da Comissão Ética no Uso de Animais



CERTIFICADO

Certificamos que o Projeto de Pesquisa intitulado "Influência da terapia fotodinâmica com fotossensibilizadores indocianina verde ou curcumina, e da medicação intracanal de hidróxido de cálcio, na adesão de pinos de fibra de vidro à dentina intrarradicular", Processo FOA nº 0418-2022, sob responsabilidade de Gustavo Sivieri de Araújo apresenta um protocolo experimental de acordo com os Princípios Éticos da Experimentação Animal e sua execução foi aprovada pela CEUA em 30 de Maio de 2022.

VALIDADE DESTE CERTIFICADO: 01 de Agosto de 2025.

DATA DA SUBMISSÃO DO RELATÓRIO FINAL: até 01 de Setembro de 2025.

CERTIFICATE

We certify that the study entitled "Influence of photodynamic therapy with indocyanine green or curcumin photosensitizers, and intracanal medication of calcium hydroxide, on the adhesion of glass-fiber posts to intraradicular dentin", Protocol FOA nº 0418-2022, under the supervision of Gustavo Sivieri de Araújo presents an experimental protocol in accordance with the Ethical Principles of Animal Experimentation and its implementation was approved by CEUA on May 30, 2022.

VALIDITY OF THIS CERTIFICATE: August 01, 2025.

DATE OF SUBMISSION OF THE FINAL REPORT: September 01, 2025.

Prof. Dr. João Carlos Callera
Coordenador da CEUA
CEUA Coordinator

CEUA - Comissão de Ética no Uso de Animais
Faculdade de Odontologia de Araçatuba
Faculdade de Medicina Veterinária de Araçatuba
Rua José Bonifácio, 1193 - Vila Mendonça - CEP: 16015-050 - ARAÇATUBA - SP
Fone (18) 9636-3234 Email CEUA: ceua.foa@unesp.br

