



UNESP - Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho”
Faculdade de Odontologia de Araraquara



Suellen Tayenne Pedrosa Pinto

Resistência de união de pinos de fibra de vidro à dentina intrarradicular de dentes bovinos após envelhecimento hidrotérmico e análise da interface adesiva por microscopia confocal e microtomografia computadorizada

Araraquara

2025



UNESP - Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho”
Faculdade de Odontologia de Araraquara



Suellen Tayenne Pedrosa Pinto

Resistência de união de pinos de fibra de vidro à dentina intrarradicular de dentes bovinos após envelhecimento hidrotérmico e análise da interface adesiva por microscopia confocal e microtomografia computadorizada

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

Orientador: Prof. Dr. José Maurício dos Santos Nunes Reis

Araraquara

2025

P659r

Pinto, Suellen Tayenne Pedrosa

Resistência de união de pinos de fibra de vidro à dentina intrarradicular de dentes bovinos após envelhecimento hidrotérmico e análise da interface adesiva por microscopia confocal e microtomografia computadorizada /

Suellen Tayenne Pedrosa Pinto. -- Araraquara, 2025

109 p. : il., tabs.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Odontologia, Araraquara

Orientador: José Maurício dos Santos Nunes Reis

1. Técnica para retentor intrarradicular. 2. Cimentos de resina. 3. Microscopia confocal. 4. Microtomografia por raio-X. I. Título.

Suellen Tayenne Pedrosa Pinto

Resistência de união de pinos de fibra de vidro à dentina intrarradicular de dentes bovinos após envelhecimento hidrotérmico e análise da interface adesiva por microscopia confocal e microtomografia computadorizada

Comissão Julgadora

Defesa de Tese para obtenção do grau de Doutor em Odontologia

Presidente e orientador: **Prof. Dr. José Maurício dos Santos Nunes Reis**

2º Examinador: Taisa Nogueira Pansani

3º Examinador: Joissi Ferrari Zaniboni

4º Examinador: Andréa Cândido dos Reis

Araraquara, 30 de outubro de 2025.

DADOS CURRICULARES

Suellen Tayenne Pedrosa Pinto

NASCIMENTO: 28/08/1992- Araraquara-São Paulo

FILIAÇÃO: Eliete Pedrosa Mariano e Alessandro Donizete Mariano Pinto

2014-2018: Graduação em Odontologia, Faculdade de Odontologia de Araraquara – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (FOAr/UNESP), Araraquara-SP. Grau: Cirurgião-Dentista.

2019-2021: Curso de Aperfeiçoamento em Prótese Fixa: Estética com Ênfase em Restaurações Adesivas Indiretas, Associação Paulista de Cirurgiões Dentistas (APCD), Araraquara-SP.

2019-2021: Curso de Pós-Graduação em Odontologia - Área de Concentração em Reabilitação Oral, Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese – nível Mestrado, Faculdade de Odontologia de Araraquara (FOAr-UNESP). Bolsa CAPES.

Outubro de 2024 a Março de 2025: Doutorado Sanduíche - University of Manitoba – Winnipeg, Canadá. Edital PDSE 06/2024–CAPES

2021-2025: Curso de Pós-Graduação em Odontologia - Área de Concentração em Reabilitação Oral, Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese – nível Doutorado, Faculdade de Odontologia de Araraquara (FOAr-UNESP). Bolsa CAPES.

Dedico este trabalho aos meus pais, **Alessandro e Eliete**, que viveram intensamente pela educação dos filhos, trabalhando com coragem e renúncia para nos oferecer oportunidades que hoje se concretizam nesta realização.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, não quero apenas agradecer, mas ofertar a **Deus** este trabalho. Ao concluir este ciclo de estudos, reafirmo a bondade do Senhor sobre a minha vida: Ele não apenas me ajudou a chegar até aqui, mas também me concedeu força e coragem para tanto. A academia é um meio desafiador, repleto de nuances que testam, a todo instante, o intelectual, o emocional e o psicológico. Também colocam à prova nossos princípios e caráter. Por isso, agradeço a Deus e repito as palavras de Samuel: “*Até aqui nos ajudou o Senhor*” (1 Samuel 7:12).

Em segundo lugar, agradeço especialmente aos meus pais, **Alessandro** e **Eliete**. Vocês tiveram a ousadia de ir além do que lhes foi oferecido na vida e acreditaram na educação dos filhos. Para muitos, essa escolha poderia parecer um risco ou até perda de tempo. Mas, diante de Deus, estavam preparando uma geração para um futuro melhor. Como diz o salmista: “*Como flechas na mão do guerreiro, assim são os filhos da juventude*” (Salmos 127:4). Sou imensamente grata não apenas por me darem a oportunidade de estudar e concluir esta trajetória, mas, sobretudo, por nunca me abandonarem nos momentos difíceis. Vocês estiveram presentes em cada passo: desde a formação deste sonho até a sua concretização.

Agradeço também aos meus irmãos **Alessandra**, **Jéssica**, **João**, **Lucas** e **Heitor**. Cada um, à sua maneira, fez parte da minha formação. Muitos podem considerar que chegar até aqui, com publicações, aulas ministradas, intercâmbio e bolsa de estudos, são conquistas pessoais. Mas quero que fique claro: nada foi conquistado sozinha. Compartilho cada vitória com vocês, que me sustentaram quando faltavam forças, e até mesmo participaram ativamente nos experimentos, cortando, lixando e auxiliando na execução desta pesquisa. Parafraseando Descartes, se “*penso, logo existo*”, posso dizer: existo porque penso em vocês. Vocês me tornam real e me lembram de que as conquistas só têm sentido quando se transformam em boas memórias compartilhadas. Em especial, ao meu amado sobrinho **Matteo**, que me ensina todos os dias que a vida pode ser leve, amável e devagar. Eu te amo! Obrigada por me fazer alguém melhor.

Não poderia deixar de agradecer a todos os **funcionários da FOAr-UNESP**: secretárias, sempre pacientes com a burocracia acadêmica; as funcionárias da limpeza, que mantinham nosso ambiente organizado e acolhedor, muitas vezes me oferecendo o carinho de um café após longas madrugadas de estudo; os porteiros,

pela simpatia e prestatividade; e todos que atuam nas diferentes seções — pós-graduação, comitê de ética, finanças, entre outros. A ajuda e a gentileza de vocês tornaram o caminho mais leve em meio aos desafios.

Manifesto meus agradecimentos ao **Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese**, pela constante parceria e pelo acesso às instalações laboratoriais. Ao **Programa de Pós-Graduação**, na pessoa da **Prof.^a Dr.^a Morgana Rodrigues Guimarães**, pelo acompanhamento atento e estímulo à formação científica. E à Faculdade de Odontologia de Araraquara-UNESP, em nome da digníssima diretora **Prof.^a Dr.^a Patricia Petromilli Nordi Sasso Garcia**.

Agradeço aos professores que me guiaram nesta jornada. Seria impossível citar todos os nomes, mas registro de modo especial minha gratidão à **Prof.^a Dr.^a Lígia Antunes Pereira Pinelli**, que esteve presente em momentos difíceis, tanto no aspecto profissional quanto pessoal. Seu carinho, orientação e resiliência transformaram perspectivas e mudaram vidas, inclusive a minha. Seu exemplo de profissionalismo e inteligência é fonte de inspiração. Obrigada, professora, não somente por ser uma inspiração, mas por se tornar também uma amiga.

Também agradeço à **Prof.^a Dr.^a Ana Carolina Pero**, que sempre se fez presente com atenção e cuidado, seja por meio de uma mensagem ou abrindo a porta de sua sala para me acolher. Obrigada pelo apoio constante e pelo carinho.

Agradeço ainda, em especial, à **Prof.^a Dr.^a Taísa Nogueira Pansani**, que me deu a oportunidade de crescer, confiando em mim um papel ativo em seu grupo de pesquisa. Com isso, pude adquirir, desenvolver e reconhecer o conhecimento conquistado ao longo dessa jornada. Obrigada por ser uma professora excelente e, acima de tudo, por ser uma amiga incrível, sempre aberta às minhas ideias e conversas.

Não poderia deixar de agradecer, entre os inúmeros professores que contribuíram para meu crescimento e para a execução desses projetos, ao **Prof. Dr. Mário Tanomaru Filho**. O senhor é um exemplo de disposição e de valorização da ciência, sem perder a valorização do humano. Obrigada pelas orientações, pelas discussões de pesquisa e por sempre me instigar a “*pensar fora da caixa*”. Obrigada também por tornar possível, de inúmeras formas, a realização destes estudos.

Não poderia deixar de agradecer aos meus amigos **Gabriel, Jony e Joingle**, e em especial à **Sofia, Marcelinha e Gabrieli**. Vocês tornaram essa caminhada mais leve, feliz e repleta de conquistas. Estiveram presentes desde a elaboração inicial até

a concretização de cada projeto. Quero destacar meus agradecimentos à **Amanda e Hamile**: vocês foram meu esteio em momentos difíceis. Com vocês tive a oportunidade de crescer de forma sutil, simples e, ao mesmo tempo, profundamente impactante. Obrigada pelas discussões de ideias, pelos sorrisos e pelos choros compartilhados. Obrigada por estarem presentes nas perdas e, sobretudo, por se alegrarem sinceramente e de todo coração pelas conquistas. Se pudesse escolher uma parte “preferida” desta jornada, certamente seriam vocês, meus amigos. Sou imensamente grata a Deus não apenas por me conceder amizades, mas por me dar amigos que se fortalecem nas dificuldades e permanecem presentes em todos os momentos. Eu os amo profundamente.

Também gostaria de agradecer aos meus colegas de equipe, que sempre estiveram presentes colaborando e incentivando meu crescimento. Juntos, pudemos observar não apenas nosso amadurecimento profissional, mas também pessoal. Obrigada por estimularem sempre o meu desenvolvimento. Em especial, agradeço não somente a um colega de trabalho, mas a um amigo de longa data: **Carlos Rangel**, que em muitos momentos me ajudou, financiou, cooperou na elaboração e na execução de projetos. Sou grata pela sua amizade sincera, com a qual sempre pude contar. Ao longo dos anos, percebemos que o crescimento precisava ser compartilhado, confiado e, ainda mais, estimulado de maneira saudável e equilibrada. Obrigada pelas conversas e conselhos.

E, por fim — talvez o mais importante — gostaria de agradecer ao meu orientador, **Prof. Dr. José Maurício dos Santos Nunes Reis**. Ao deixá-lo por último, faço questão de dedicar uma atenção especial, pois sem você nenhum desses sonhos e projetos seriam possíveis. Obrigada pela confiança e pela oportunidade. Recordo-me bem da jovem insegura que chegou sem saber escrever um projeto, uma discussão ou mesmo a inscrição do mestrado, pedindo apenas uma chance de ser sua orientanda. Sua resposta foi de acolhimento e confiança. Lembro-me também de algo que sempre me marcou: ao final de cada correção, sua humildade intelectual se revelava em expressões como “*Perfeito, Suellen, muito obrigado*”. Mesmo quando aquilo me favorecia mais do que a você, havia o reconhecimento de que, de alguma forma, eu também contribuía. Em meio a um mundo muitas vezes marcado pela soberba e pelo orgulho intelectual, conviver com sua simplicidade e humanidade foi um privilégio. Hoje concluo este ciclo com um coração dividido: pesado pela despedida, mas transbordando de alegria pelas conquistas e pela pessoa que, com

sua orientação, me tornei. Obrigada, Zé. Minha gratidão vai além desta tese: é pela parceria que nos levou tão longe.

Finalizo este doutorado profundamente feliz pelas parcerias criadas, pelo crescimento intelectual e pessoal, e com gratidão pelos momentos memoráveis de alegria, de desespero e de vitórias que se seguiram. Como disse no início, o meio acadêmico nem sempre é plenamente compreendido. Mas afirmo que seu impacto e os frutos que ele proporciona são muito maiores do que nós mesmos.

À CAPES: O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de financiamento 001.

“Deleita-te no Senhor, e Ele satisfará os desejos do teu coração. Entrega o teu caminho ao Senhor, confia nEle , e o mais Ele fará”

Davi*

* Rei Davi. Samlos.37. Versos 4 e 5.

Pinto STP. Resistência de união de pinos de fibra de vidro à dentina intrarradicular de dentes bovinos após envelhecimento hidrotérmico e análise da interface adesiva por microscopia confocal e microtomografia computadorizada [tese de doutorado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2025.

RESUMO

Este estudo objetivou avaliar a resistência de união de sistemas utilizados na cimentação de pinos de fibra de vidro intrarradiculares, bem como a interface adesiva por microscopia confocal e microtomografia computadorizada (micro-CT). Foram utilizados 102 incisivos bovinos tratados endodonticamente. No primeiro conjunto experimental (N=60), os espécimes foram divididos em seis grupos (n=10) segundo o sistema adesivo e o tratamento da dentina: *RDC* (Rebilda DC, Voco), *RDC-AC* (*RDC* + condicionamento ácido), *ACC* (Allcem Core, FGM), *ACC-AC* (*ACC* + condicionamento ácido), *RU* (RelyX Ultimate, 3M ESPE) e *RU-AC* (*RU* + condicionamento ácido). Após cimentação do pino Whitepost DC1 (FGM) e termociclagem (10.000 ciclos, 5-55 °C), as raízes foram seccionadas em terços cervical, médio e apical (1,0; 5,0; e 7,0 mm da face cervical à apical) e submetidas ao ensaio de *push-out*. Parte da amostra (n=18) foi analisada por microscopia confocal para avaliação qualitativa da interface adesiva. No segundo conjunto (N=42), os dentes foram distribuídos em sete grupos (n=6) conforme o cimento: *PV5* (Panavia V5, Kuraray), *RDC* (Rebilda DC), *LCZ* (Luxacore Z Dual, DMG), *ACC* (Allcem Core), *RXU* (RelyX Ultimate), *RXU200* (RelyX U200, 3M ESPE) e *FP* (Fuji Plus, GC America). Esses espécimes foram avaliados por micro-CT antes e após a cimentação dos pinos, bem como após o envelhecimento hidrotérmico, para análise qualitativa e quantitativa dos vazios interfaciais. Dados de resistência de união foram analisados por 2-way ANOVA e teste de Tukey HSD ($\alpha=0.05$), enquanto dados dos vazios (%) por 2-way ANOVA ($\alpha=0,05$) e Games-Howell ou Tukey HSD, com comparações baseadas nos intervalos de confiança de 95%. Os resultados indicaram diferenças significativas ($p<0,05$) quanto à resistência de união, com valores mais elevados no terço cervical, seguidos pelo médio e apical. O condicionamento ácido prévio aumentou a penetrabilidade e a resistência adesiva, especialmente para *RDC-AC*, alcançando desempenho similar a *RU* e *RU-AC*. Na análise por micro-CT, o terço apical apresentou maior prevalência de falhas, particularmente para *LCZ*. Após o envelhecimento, *RDC* mostrou comportamento mais homogêneo entre os terços, enquanto *PV5* e *RXU* mantiveram estabilidade antes e após envelhecimento. O tratamento da superfície dentinária, em especial o condicionamento ácido, associado ao tipo de cimento e ao terço radicular, influenciou diretamente a resistência de união dos pinos de fibra de vidro. A formação de vazios foi inevitável, mas dependente do material, da região radicular e do envelhecimento hidrotérmico, com impacto potencial sobre a longevidade clínica das reabilitações.

Palavras-chave: Técnica para retentor intrarradicular; Cimentos de resina; Microscopia confocal; Microtomografia por raio-X.

Pinto STP. Bond strength of fiberglass posts to intrarradicular dentin of bovine teeth after hydrothermal aging and analysis of the adhesive interface by confocal microscopy and micro-computed tomography [tese de doutorado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2025.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the bond strength of systems used for the cementation of intraradicular glass fiber posts, as well as the adhesive interface by confocal microscopy and micro-computed tomography (micro-CT). A total of 102 endodontically treated bovine incisors were used. In the first experimental set (N=60), specimens were divided into six groups (n=10) according to the adhesive system and dentin treatment: RDC (Rebilda DC, Voco), RDC-AC (RDC + acid conditioning), ACC (Allcem Core, FGM), ACC-AC (ACC + acid conditioning), RU (RelyX Ultimate, 3M ESPE), and RU-AC (RU + acid conditioning). After cementation of Whitepost DC1 posts (FGM) and thermocycling (10,000 cycles, 5–55 °C), roots were sectioned into cervical, middle, and apical thirds (1.0, 5.0, and 7.0 mm from the cervical to apical face) and subjected to the push-out test. Part of the sample (n=18) was analyzed by confocal microscopy for qualitative evaluation of the adhesive interface. In the second set (N=42), teeth were distributed into seven groups (n=6) according to the cement: PV5 (Panavia V5, Kuraray), RDC (Rebilda DC), LCZ (Luxacore Z Dual, DMG), ACC (Allcem Core), RXU (RelyX Ultimate), RXU200 (RelyX U200, 3M ESPE), and FP (Fuji Plus, GC America). These specimens were evaluated by micro-CT before and after post cementation, as well as after hydrothermal aging, for qualitative and quantitative analysis of interfacial voids. Bond strength data were analyzed by two-way ANOVA and Tukey's HSD test ($\alpha=0.05$), while void data (%) were analyzed by two-way ANOVA ($\alpha=0.05$) and Games-Howell or Tukey HSD, with comparisons based on 95% confidence intervals. The results showed significant differences ($p<0.05$) in bond strength, with higher values in the cervical third, followed by the middle and apical thirds. Previous acid conditioning increased penetration and bond strength, particularly for RDC-AC, achieving performance similar to RU and RU-AC. Micro-CT analysis revealed a higher prevalence of failures in the apical third, especially for LCZ. After aging, RDC exhibited more homogeneous behavior among the thirds, whereas PV5 and RXU maintained stability before and after aging. Dentin surface treatment, especially acid conditioning, in association with the type of cement and root third, directly influenced the bond strength of glass fiber posts. The formation of voids was unavoidable but dependent on the material, root region, and hydrothermal aging, with potential impact on the clinical longevity of rehabilitations.

Keywords: Post and core technique; Resin cements; Microscopy, confocal; X-ray microtomography.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 PROPOSIÇÃO	20
2.1 Estudo 1	20
2.2 Estudo 2	20
2.3 Hipóteses	20
3 ESTUDOS	21
3.1 Estudo 1	21
3.2 Estudo 2	51
4 DISCUSSÃO	75
5 CONCLUSÕES	78
REFERÊNCIAS	79
APÊNDICE	86
ANEXOS	105

1 INTRODUÇÃO

Dentes tratados endodonticamente com extensa destruição coronária tornam-se estruturalmente mais frágeis e limitados quanto à retenção do material restaurador coronário¹⁻³. A elevada fragilidade observada nesses dentes não está relacionada à perda de líquido dentinário após a extirpação pulpar, como antigamente se acreditava^{1,4}. Estudos^{2,3,5} indicam que a principal causa dessa fragilidade é a perda estrutural decorrente da abertura coronária, da ampliação em demasia dos canais radiculares, da presença de lesões cariosas extensas ou de procedimentos restauradores pouco conservadores, incluindo o preparo intrarradicular^{6,7}.

Nesse contexto, a retenção direta do material restaurador sobre o remanescente dentinário é demasiadamente limitada^{4,8}. Diante disso, indica-se a utilização de retentores intrarradiculares⁹, com objetivo de proporcionar suporte e retenção ao material de preenchimento coronário, o qual, por sua vez, substitui a estrutura dentinária comprometida e permite adequada estabilização do sistema restaurador final¹⁰. Vale ressaltar que os retentores intrarradiculares não possuem função de aumentar a resistência do remanescente dentário, como antes se acreditava, mas sim proporcionar retenção à reconstrução do dente por meio dos procedimentos restauradores^{11,12}.

Durante décadas, o retentor intrarradicular considerado padrão-ouro na reabilitação de dentes tratados endodonticamente foi o núcleo metálico fundido (NMF), devido à sua elevada taxa de sucesso clínico quanto aos resultados de retenção e desempenho mecânico. Esse tipo de retentor apresenta excelente adaptação às paredes intrarradiculares, promovendo ótima retenção mecânica e delgada linha de cimentação, o que favorece a estabilidade e retenção, diminuindo a incidência de deslocamento do conjunto pino-núcleo-coroa^{6,12}.

No entanto, o NMF apresenta limitações como a necessidade de múltiplas etapas clínicas e laboratoriais, o que torna o tratamento mais extenso e oneroso^{6,13}. Soma-se a isso a desvantagem estética inerente à coloração metálica do NMF, que pode levar ao acinzentamento dos tecidos peri-radiculares¹³⁻¹⁵. Outro fator é seu elevado módulo de elasticidade ($\cong 200$ GPa, a depender das ligas metálicas utilizadas), significativamente superior ao da dentina ($\cong 18$ GPa), o que resulta em má distribuição das tensões funcionais e parafuncionais, com aumento do risco de fraturas radiculares irreversíveis^{6,16,17}.

Com os avanços tecnológicos e a busca por materiais restauradores, que aliam resistência mecânica e elevado desempenho estético, foram introduzidos os pinos intrarradiculares cerâmicos, sobretudo os confeccionados em zircônia (Y-TZP). Esses pinos apresentam notável biocompatibilidade, elevada estabilidade química e física, boa resistência à fratura, radiopacidade, além de propriedades estéticas favoráveis, como coloração branca^{15,16,18}. Ainda assim, carregam limitações relevantes, principalmente no que se refere ao seu alto módulo de elasticidade ($\cong 200$ GPa), similar ao do metal, contribuindo para a concentração de tensões às paredes dentinárias¹⁹.

A partir da década de 1990, visando contornar as limitações biomecânicas e estéticas dos retentores intrarradiculares metálicos e cerâmicos, foram introduzidos os pinos reforçados por fibras^{20,21,22}. Atualmente, os pinos pré-fabricados reforçados com fibra de vidro representam a principal escolha clínica, devido à combinação entre propriedades biomecânicas, facilidade e rapidez de uso, custo acessível e excelente resultado estético^{23,24}. O módulo de elasticidade desses pinos, que varia de 30 a 50 GPa, é significativamente mais próximo ao da dentina radicular, o que favorece distribuição mais homogênea das tensões mastigatórias ao longo da raiz. Essa característica biomecânica reduz a incidência de fraturas radiculares catastróficas, contribuindo para a longevidade dos tratamentos restauradores^{23,25-27}. Ademais, apresentam boa adesão aos sistemas cimentantes modernos e são compatíveis com técnicas minimamente invasivas, alinhando-se às exigências da odontologia contemporânea baseada em evidências^{20,28}. O sucesso dos pinos de fibra de vidro é dependente da qualidade da interface de união do cimento com a dentina e a superfície do mesmo. A união entre pino e cimento pode ser otimizada por meio de tratamentos de superfície, como limpeza e aplicação de silano, sistemas adesivos, entre outros²⁹⁻³¹. Já a adesão do cimento à dentina intrarradicular é influenciada por inúmeros fatores, incluindo o tipo de agente cimentante (convencional ou autoadesivo), protocolo de condicionamento dentinário, sensibilidade técnica, visualização limitada da região intrarradicular, anatomia radicular, profundidade do preparo, umidade, espessura da linha de cimentação, além de variações morfológicas e histológicas da dentina^{32,36}.

As restaurações associadas aos pinos intrarradiculares estão sujeitas a diferentes tipos de falhas³⁷. A descimentação total do conjunto coroa-pino-cimento é considerada a forma de falha menos desfavorável, pois geralmente permite a

execução de um novo procedimento restaurador, sem comprometimento do remanescente dentinário^{38,39}. Por outro lado, falhas mais complexas, como a fratura do núcleo ou a soltura parcial do conjunto restaurador, promovem distribuição de tensões irregulares ao remanescente, podendo resultar em fraturas radiculares ou surgimento de cáries secundárias^{13,31,40}. Tais falhas muitas vezes estão associadas à má qualidade da interface adesiva entre o cimento e a dentina radicular^{35,36}. Essas complicações reforçam a importância de estratégias restauradoras que favoreçam a estabilidade do conjunto pino-cimento-dente ao longo do tempo^{35,36}.

Portanto, com o objetivo de reduzir falhas adesivas e aumentar a longevidade do tratamento restaurador, diferentes sistemas adesivos e cimentos têm sido propostos e investigados^{32,36,41}. Os cimentos resinosos convencionais, que requerem aplicação de sistemas adesivos com ou sem tratamento dentinário prévio com ácido fosfórico, ainda são amplamente utilizados^{42,43}. Esses cimentos apresentam desempenho superior no terço coronário do canal radicular, mas frequentemente falham na região apical^{11,35}, exigindo elevado controle técnico durante sua aplicação, o que pode aumentar a suscetibilidade às falhas clínicas^{36,44-46}. Em contrapartida, sistemas simplificados — como os autocondicionantes — e cimentos autoadesivos têm sido propostos como alternativas de menor sensibilidade técnica e maior praticidade clínica. No entanto, também apresentam limitações, especialmente quanto à profundidade de desmineralização e à formação da camada híbrida em regiões mais profundas do canal^{33,35,47-49}.

Dentre as abordagens clínicas voltadas à otimização do tempo operatório, merecem destaque os sistemas simplificados denominados “*Core and Post*” ou “*Post and Core*”. Esses sistemas consistem na utilização de um único material resinoso para a cimentação do pino e a confecção do núcleo de preenchimento, em etapa única, com objetivo de formar um “monobloco” restaurador^{11,50,51}.

Embora promovam redução do tempo clínico e da complexidade operatória, contêm elevada carga de partículas inorgânicas, que está associada a maior estresse nas paredes dentinárias ocasionado pela contração durante a polimerização, especialmente em regiões com elevado fator C, como o espaço endodôntico, podendo comprometer a interface adesiva e culminar em falhas precoces^{38,47,50}. Estudos têm enfatizado a importância da escolha adequada de sistemas adesivos e cimentos, bem como a padronização das etapas de cimentação, como estratégias fundamentais para

prolongar a durabilidade do tratamento e reduzir a incidência de falhas e infiltração ao longo da interface adesiva^{40,43,52}.

Diante do contexto das falhas adesivas, especialmente aquelas relacionadas à interface entre cimento resinoso e dentina radicular, uma das ferramentas mais eficazes para análise morfológica dessa interface, especialmente em estudos que avaliam o impacto de diferentes tratamentos de superfície dentinária, é a microscopia de fluorescência confocal⁵³⁻⁵⁵. Essa técnica permite a visualização precisa da formação da camada híbrida e a penetração dos *tags* resinosos nos túbulos dentinários, com capacidade de análise segmentada por terços radiculares. Além disso, trata-se de metodologia não destrutiva, possibilitando a obtenção de imagens bidimensionais em alta definição^{26,55,56}.

Paralelamente, a microtomografia computadorizada (micro-CT) tem se consolidado como tecnologia fundamental para a avaliação tridimensional não destrutiva de estruturas intrarradiculares. Sua principal vantagem está na capacidade de detectar defeitos volumétricos — como porosidades e vazios — no interior dos materiais restauradores e ao longo da interface adesiva, sem a necessidade de cortes ou danos aos espécimes^{32,57-59}, ou seja, de forma não invasiva e não-destrutiva^{26,55,56}. Possui capacidade de obter resultados tridimensionais, com excelente reprodução volumétrica, destacando-se no contexto do estudo de falhas e defeitos relacionados ao preenchimento dos espaços intrarradiculares^{32,60}. Porém, estudos com micro-CT para análise de cimentação de pinos intrarradiculares são relativamente escassos, o que limita a padronização metodológica e dificulta a comparação de resultados entre diferentes protocolos devido à similaridade quanto à radiopacidade entre dentina, cimento e pino de fibra de vidro⁶¹⁻⁶³.

Para a avaliação da resistência de união do complexo dentina-cimento-pino, um dos ensaios mecânicos recomendados pela literatura é o *push-out* ^{42,64,65}. Este método é considerado confiável por apresentar distribuição de tensões mais homogênea durante o teste e minimizar a ocorrência de falhas prematuras, comuns em outras abordagens, como os testes de tração ou cisalhamento^{42,64,65}.

Compreender a biomecânica dos dentes tratados endodonticamente e os fatores que influenciam a resistência de união dos pinos de fibra de vidro à dentina é essencial para o sucesso das reabilitações protéticas associadas a retentores intrarradiculares quanto à longevidade^{6,13,26,42,56}. Para isso, é necessário aprofundar as investigações sobre os sistemas adesivos disponíveis, tanto os convencionais de

múltiplos passos, quanto os simplificados contemporâneos, bem como avaliar as variações promovidas por diferentes cimentos, estratégias de condicionamento, morfologia radicular e condições de envelhecimento³²⁻³⁶.

Apesar dos avanços tecnológicos significativos nos materiais restauradores e nos protocolos clínicos, ainda persistem desafios práticos que comprometem a longevidade e a previsibilidade desses tratamentos, tornando necessária a realização de estudos consistentes e fundamentados, especialmente em relação à constante e rápida evolução dos procedimentos restauradores adesivos e suas implicações em relação aos dentes tratados endodonticamente com elevado comprometimento estrutural.

13. Giok KC, Veettil SK, Menon RK. Comparative effectiveness of fiber and metal posts in the restoration of endodontically treated teeth: A systematic review with network meta-analysis. *J Prosthet Dent*. 2025; 134(3): 597-615.
14. De Moraes AP, Cenci MS, Moraes RR, Pereira-Cenci T. Current concepts on the use and adhesive bonding of glass-fiber posts in dentistry: a review. *Appl Adhes Sci*. 2013; 1(4): 1-12.
15. Parčina I, Amižić, Baraba A. Esthetic Intracanal Posts. *Acta Stomatol Croat*. 2016; 50(2): 143-50.
16. Alshabib A, Abid Althaqafi K, AlMoharib HS, Mirah M, AlFawaz YF, Algamaiah H. Dental Fiber-Post Systems: An In-Depth Review of Their Evolution, Current Practice and Future Directions. *Bioengineering (Basel)*. 2023; 10(5): 1-17.
17. Barcellos RR, Correia DP, Farina AP, Mesquita MF, Ferraz CC, Cecchin D. Fracture resistance of endodontically treated teeth restored with intra-radicular post: the effects of post system and dentine thickness. *J Biomech*. 2013; 46(15): 2572-7.
18. Alqutaibi AY, Ghulam O, Krsoum M, Binmahmoud S, Taher H, Elmalky W, Zafar MS. Revolution of Current Dental Zirconia: A Comprehensive Review. *Molecules*. 2022; 27(5): 1-19.
19. Kurthukoti AJ, Paul J, Gandhi K, Rao DB. Fracture resistance of endodontically treated permanent anterior teeth restored with three different esthetic post systems: An in vitro study. *J Indian Soc Pedod Prev Dent*. 2015; 33(4): 296-301.
20. Başaran G, Göncü Başaran E, Ayna E, Değer Y, Ayna B, Tuncer MC. Microtensile bond strength of root canal dentin treated with adhesive and fiber-reinforced post systems. *Braz Oral Res*. 2019; 33: 1-9.
21. Martins MD, Junqueira RB, de Carvalho RF, Lacerda MFLS, Faé DS, Lemos CAA. Is a fiber post better than a metal post for the restoration of endodontically treated teeth? A systematic review and meta-analysis. *J Dent*. 2021; 112: 1-9.
22. de Moraes DC, Butler S, Santos MJMC. Current Insights on Fiber Posts: A Narrative Review of Laboratory and Clinical Studies. *Dent J (Basel)*. 2023; 11(10): 1-15.
23. Belli S, Erdemir A, Yildirim C. Reinforcement effect of polyethylene fibre in root-filled teeth: comparison of two restoration techniques. *Int Endod J*. 2006; 39(2): 136-42.
24. Lamichhane A, Xu C, Zhang FQ. Dental fiber-post resin base material: a review. *J Adv Prosthodont*. 2014; 6(1): 60-5.
25. Dikbas I, Tanalp J. An overview of clinical studies on fiber post systems. *ScientificWorldJournal*. 2013; 2013: e171380.

26. Leandrin TP, Fernández E, Lima RO, Besegato JF, Escalante-Otárola WG, Kuga MC. Customized Fiber Post Improves the Bond Strength and Dentinal Penetrability of Resin Cementation System to Root Dentin. *Oper Dent*. 2022; 47(1): 22-34.
27. IHelal AA, AlZaben AA, AIObaid SA, Bakhsh OY, AlSaiari HN, AlQahtani AS, AlNassar TM, Alsayed HD. Comparison of fracture resistance of fiber-reinforced post and core with different cementation techniques: in vitro study. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*. 2022; 26(23): 8832-40.
28. Bhopatkar J, Ikhar A, Nikhade P, Chandak M, Heda A. Esthetic Reconstruction of Badly Mutilated Endodontically Treated Teeth Using Glass Fiber Reinforced Post: A Case Report. *Cureus*. 2022; 14(8): 1-10.
29. Bitter K, Kielbassa AM. Post-endodontic restorations with adhesively luted fiber-reinforced composite post systems: a review. *Am J Dent*. 2007; 20(6): 353-60.
30. de Sousa Menezes M, Queiroz EC, Soares PV, Faria-e-Silva AL, Soares CJ, Martins LR. Fiber post etching with hydrogen peroxide: effect of concentration and application time. *J Endod*. 2011; 37(3): 398-402.
31. Özcan M, Volpato CAM. Current perspectives on dental adhesion: (3) Adhesion to intraradicular dentin: Concepts and applications. *Jpn Dent Sci Rev*. 2020; 56(1): 216-23.
32. Uzun İH, Malkoç MA, Keleş A, Öğreten AT. 3D micro-CT analysis of void formations and push-out bonding strength of resin cements used for fiber post cementation. *J Adv Prosthodont*. 2016; 8(2): 101-9.
33. Kıvanç BH, Arısu HD, Uçtaşı MB, Okay TC. The effect of different adhesive system applications on push-out bond strengths of glass fiber posts. *J Adv Prosthodont*. 2013; 5(3): 305-11.
34. Marcos RMH, Kinder GR, Alfredo E, Quaranta T, Correr GM, Lima LF, Gonzaga CC. Influence of the Resin Cement Thickness on the Push-Out Bond Strength of Glass Fiber Posts. *Braz Dent J*. 2016; 27(5): 101-9.
35. Jurema ALB, Correia AMO, Spinola MDS, Bresciani E, Caneppele TMF. Influence of different intraradicular chemical pretreatments on the bond strength of adhesive interface between dentine and fiber post cements: A systematic review and network meta-analysis. *Eur J Oral Sci*. 2022; 130(4): 1-14.
36. Patthanawijit L, Yanpiset K, Saikaew P, Jantararat J. Fiber post cemented using different adhesive strategies to root canal dentin obturated with calcium silicate-based sealer. *BMC Oral Health*. 2024; 24:1-9.
37. Gomes GM, Gomes OMM, Reis A, Gomes JC, Loguercio AD, Calixto AL. Effect of Operator Experience on the Outcome of Fiber Post Cementation With Different Resin Cements. *Oper Dent*. 2013; 38 (5): 555-64.

38. Amiri EM, Balouch F, Atri F. Effect of Self-Adhesive and Separate Etch Adhesive Dual Cure Resin Cements on the Bond Strength of Fiber Post to Dentin at Different Parts of the Root. *J Dent (Tehran)*. 2017; 14(3): 153-8.
39. Dauvillier BS, Feilzer AJ, De Gee AJ, Davidson CL. Visco-elastic parameters of dental restorative materials during setting. *J Dent Res*. 2000; 79(3): 818-23.
40. Arslandaş Dinçtürk B, Şahin Mantı A, Kedici Alp C, Altuğ Yıldırım A, Kaya Mumcu A. Improving the Push-Out Bond Strength of Fiber Posts in Diabetic Dentin: The Role of Chlorhexidine Irrigation and Resin Cements. *J Funct Biomater*. 2025; 16(1): 1-12.
41. Skupien JA, Sarkis-Onofre R, Cenci MS, Moraes RR, Pereira-Centi T. A systematic review of factors associated with the retention of glass fiber posts. *Braz Oral Res*. 2015; 29(1): 1-8.
42. Baena E, Flores A, Ceballos L. Influence of root dentin treatment on the push-out bond strength of fiber posts. *Odontology*. 2017; 105(2): 170-7.
43. Alsubait SA. Effect of calcium silicate-based endodontic sealer on the retention of fiber posts cemented at different time intervals. *Saudi Dent J*. 2021; 33(7): 718-23.
44. Bitter K, Gläser C, Neumann K, Blunck U, Frankenberger R. Analysis of Resin-Dentin Interface Morphology and Bond Strength Evaluation of Core Materials for One Stage Post- Endodontic Restorations. Al-Ahmad A, ed. *PLoS ONE*. 2014; 9(2): 1-9.
45. Kalighinejad N, Feiz, A. Effect of dentin conditioning on bond strength of fiber post and dentin morphology: a review. *Am J Dent*. 2014; 27(1): 3-6.
46. Simões TC, Luque-Martinez Í, Moraes RR, Sá A, Loguercio AD, Moura SK. Longevity of Bonding of Self-adhesive Resin Cement to Dentin. *Oper Dent*. 2016; 41(3): 64–72.
47. Calixto LR, Bandeca MC, Clavijo V, Andrade MF, Vaz LG, Campos EA: Effect of resin cement system and root region on the push-out bond strength of a translucent fiber post. *Oper Dent*. 2012; 37: 80-6.
48. Bitter K, Maletic A, Neumann K, Breschi L, Sterzenbach G, Taschner M. Adhesive Durability Inside the Root Canal Using Self-adhesive Resin Cements for Luting Fiber Posts. *Oper Dent*. 2017; 42(6): e167-e176.
49. Samran A, Najjar MO, Samran A, Al-Akhali M, Al-Maweri SA, Özcan M. Influence of Different Post Luting Cements on the Fracture Strength of Endodontically Treated Teeth: An In Vitro Study. *Eur Endod J*. 2018; 3(2): 113-17.
50. Ferrari M, Carvalho CA, Goracci C, Antonioli F, Mazzoni, Mazzotti G, et al. Influence of luting material filler content on post cementation. *J Dent Res*. 2009; 88(10): 951-56.

51. Aksornmuang J, Nakajima M, Tagami J. Effect of core build-up composite on the bond strength of fiber post cemented with dual-cure adhesive resin cements. *J Dent Sci.* 2014; 9(4): 320-27.
52. Limeira FIR, Carvalho MFF, Nascimento VVD, Santa-Rosa CC, Yamauti M, Moreira AN, Magalhães CS. Bond Strength of Resin Cements Fixing Fiber Posts to Human and Bovine Teeth of Different Ages. *J Adhes Dent.* 2019; 21(5): 423-31.
53. Bim Júnior O, Cebim MA, Atta MT, Machado CM, FrancisconiDos-Rios LF, & Wang L. Determining optimal fluorescent agent concentrations in dental adhesive resins for imaging the tooth/restoration interface. *Microsc Microana.* 2017; 23(1): 122-130.
54. Elliott AD. Confocal Microscopy: Principles and Modern Practices. *Curr Protoc Cytom.* 2020; 92(1): 1-18.
55. Abusteit OE. Evaluation of resin sealer penetration of dentin following different final rinses for endodontic irrigation using confocal laser scanning microscopy. *Aust Endod J.* 2021; 47(2): 195-201.
56. Pereira KF, Vencão AC, Magro MG, et al. Effect of endodontic retreatment on the bond strength of resin cements to root canal dentin. *Am J Dent.* 2019; 32(3): 147-51.
57. Sousa-Neto MD et al. Root canal preparation using micro-computed tomography analysis: a literature review. *Braz Oral Res.* 2018; 32(1): 20-43.
58. 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; 119(1): 103-107.
59. ArRejaie A, Alsuliman SA, Aljohani MO, Altamimi HA, Alshwaimi E, Al-Thobity AM. Micro-computed tomography analysis of gap and void formation in different prefabricated fiber post cementation materials and techniques. *Saudi Dent J.* 2019; 31(2): 236-41.
60. Swain MV, Xue J. State of the art of Micro-CT applications in dental research. *Int J Oral Sci.* 2009; 1(4): 177-88.
61. De-Deus G, Belladonna FG, Cavalcante DM, Simões-Carvalho M, Silva EJNL, Carvalhal JCA, Zamolyi RQ, Lopes RT, Versiani MA, Dummer PMH, Zehnder M. Contrast-enhanced micro-CT to assess dental pulp tissue debridement in root canals of extracted teeth: a series of cascading experiments towards method validation. *Int Endod J.* 2021; 54(2): 279-93.
62. Chen S et al. Micro-CT analysis of chronic apical periodontitis induced by several specific pathogens. *Int. Endod. J.* 2019; 52(7): 1028-39.
63. Alim BA, Berker YG. Evaluation of different root canal filling techniques in severely curved canals by micro-computed tomography. *Stud. Dent. J.* 2020; 32(4): 200-5.

64. Kato A, Ohno N. Construction of three-dimensional tooth model by micro-computed tomography and application for data sharing. *Clin Oral Investig*. 2009; 13(1): 43-6.
65. Martínez-Campos R; Vilchez-Reynaga, Luz L; Santander-Rengifo F ; López-Gurreonero C; Aliaga-Mariñas A; Aroste-Andía R; Cayo-Rojas C. Adhesive Strength of Glass Fiber-Reinforced Posts with Silane Conditioning Versus Universal Adhesive System Conditioning: An In Vitro Study. *J Int Oral Health*. 2024; 16(4): 290-296.
66. Jinxia Li, Brian E. Bergeron, Jing Chao, Ting Xu, Franklin R. Tay, Bing Fan. Micro-computed tomography evaluation of root canal filling quality with apical negative pressure. *Journal of Dentistry*. 2020; 100: 1-6.
67. Tsolomitis P, Diamantopoulou S, Papazoglou E. Contemporary Concepts of Adhesive Cementation of Glass-Fiber Posts: A Narrative Review. *J. Clin. Med*. 2024;13(12):1-15.
68. Triani F, Pereira da Silva L, Ferreira Lemos B, Domingues J, Teixeira L, Manarte-Monteiro P. Universal Adhesives: Evaluation of the Relationship between Bond Strength and Application Strategies - A Systematic Review and Meta-Analyses. *Coatings*. 2022; 12(10): 1-16.
69. Patel SR, Jarad F, Moawad E, Boland A, Greenhalgh J, Liu M, Maden M. The tooth survival of non-surgical root-filled posterior teeth and the associated prognostic tooth-related factors: A systematic review and meta-analysis. *Int Endod J*. 2024; 57(10): 1404-21.
70. Martínez-Campos R, Vilchez-Reynaga L, Santander-Rengifo F, López-Gurreonero C, Aliaga-Mariñas A, Aroste-Andía R, Cayo-Rojas C. Adhesive Strength of Glass Fiber-Reinforced Posts with Silane Conditioning Versus Universal Adhesive System Conditioning: An In Vitro Study. *J Int Oral Health*. 2024; 16(4): 290-6.
71. Perdigão J. Current perspectives on dental adhesion: (1) Dentin adhesion - not there yet. *Jpn Dent Sci Rev*. 2020; 56(1): 190-207.
72. VOCO. Rebilda DC – Instructions for Use [Internet]. Cuxhaven, Germany: VOCO GmbH; [cited 2025 Sep 29]. Available from: https://www.voco.dental/us/portaldata/1/resources/products/instructions-for-use/us/rebilda-dc_ifu_us.pdf
73. Mazzitelli C, Monticelli F, Toledano M, Ferrari M, Osorio R. Effect of thermal cycling on the bond strength of self-adhesive cements to fiber posts. *Clin Oral Investig*. 2012; 16(3): 909-15.
74. Aldhafyan M, Silikas N, Watts DC. Influence of curing modes on monomer elution, sorption and solubility of dual-cure resin-cements. *Dent. Mater*. 2022; 38(6): 978-88.

75. Ho YC, Lai YL, Chou IC, Yang SF, Lee SY. Effects of light attenuation by fibre posts on polymerization of a dual-cured resin cement and microleakage of post-restored teeth. *J Dent*. 2011; 39(4): 309-15.
76. Walcher, J.G., Leitune, V.C.B., Collares, F.M. et al. Physical and mechanical properties of dual functional cements—an in vitro study. *Clin Oral Invest*. 2019; 23: 1715-21.
77. Silva FM, Aguiar PHS, Assis HC, Lopes-Olhê FC, Mazzi-Chaves JF, Silva RG, Cruz-Filho AM. Evaluation of the bonding strength of conventional, anatomized, adjustable, and CAD/CAM milled fiberglass posts in weakened endodontically treated roots. *Braz Dent J*. 2024; 35:1-13.

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

(Direitos de publicação reservado ao autor)

Araraquara, 30 de setembro de 2025.

Suellen Tayenne Pedrosa Pinto