

REABILITAÇÃO COM PINOS DE FIBRA DE VIDRO: REVISÃO DE LITERATURA

REHABILITATION WITH FIBERGLASS POSTS: LITERATURE REVIEW

Júlio César TAFFAREL¹

Alan Miguel Brum da SILVA²

Maria Isabel Anastácio Faria de FRANÇA³

Yasmine Mendes PUPO⁴

Ana Paula Gebert de Oliveira FRANCO*⁵

RESUMO

Introdução: A Endodontia trata lesões e doenças da polpa dentária com o objetivo de preservar dentes comprometidos. Em casos de lesões cáries extensas, há perda significativa de estrutura coronária, o que compromete a resistência mecânica do dente e aumenta o risco de fraturas. Nesses casos, os pinos intrarradiculares são indicados para retenção do material restaurador. Os pinos de fibra de vidro (PFVs) surgem como alternativas promissoras por possuírem propriedades biomecânicas semelhantes à dentina e por promoverem distribuição uniforme das forças mastigatórias. **Objetivo:** Revisar a literatura sobre os aspectos biomecânicos, técnicas de adesão e cimentação, aplicações clínicas, vantagens e inovações tecnológicas dos PFVs na reabilitação pós-endodôntica. **Metodologia:** Realizou-se uma revisão sistemática da literatura com publicações entre 2010 e 2024, nas bases de dados *PubMed*, *SciELO*, *Google Acadêmico* e *Web of Science*. Foram utilizados descritores como “pinos de fibra de vidro”, “resistência à fratura”, “cimentos resinosos”, “férula dentária” e “impressão 3D em odontologia”. A seleção dos trabalhos incluiu triagem de títulos, resumos e leitura dos textos completos. Foram incluídos 46 estudos revisados por pares que abordaram propriedades mecânicas, técnicas de cimentação e inovações tecnológicas dos PFVs, excluindo-se os focados exclusivamente em pinos metálicos ou cerâmicos. **Considerações finais:** Os PFVs demonstram potencial na reabilitação de dentes tratados endodonticamente, aliando estética, preservação tecidual e compatibilidade mecânica. Contudo, seu sucesso clínico depende da aplicação de protocolos rigorosos de adesão, cimentação e preservação estrutural, com destaque para inovações como impressão 3D e materiais com propriedades ópticas avançadas.

PALAVRAS-CHAVE: Reabilitação Bucal; Técnica para Retentor Intrarradicular; Prótese Dentária; Dentística.

ABSTRACT

Introduction: Endodontics treats lesions and diseases of the dental pulp with the aim of preserving compromised teeth. In cases of extensive carious lesions, there is significant loss of coronal structure, which compromises the tooth's mechanical resistance and increases the risk of fractures. In such situations, intraradicular posts are indicated to retain the restorative material. Glass fiber posts (GFPs) have emerged as promising alternatives due to their biomechanical properties similar to dentin and their ability to promote uniform distribution of masticatory forces. **Objective:** To review the literature on the biomechanical aspects, adhesion and cementation techniques, clinical applications, advantages, and technological innovations of GFPs in post-endodontic rehabilitation. **Methodology:** A systematic literature review was carried out, covering

¹Acadêmico de Odontologia, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, Paraná, Brasil.

² Biólogo. Doutorando em Biologia Celular e Molecular. Servidor no Departamento de Odontologia Restauradora da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil.

³Cirurgiã Dentista. Doutora em Odontologia. Professora do Curso de Odontologia da Universidade Federal do Paraná. Curitiba, Paraná, Brasil.

⁴Cirurgiã Dentista. Doutora em Odontologia. Professora do Curso de Odontologia da Universidade Federal do Paraná. Curitiba, Paraná, Brasil.

⁵ Cirurgiã Dentista. Doutora em Odontologia. Professora do Curso de Odontologia da Universidade Federal do Paraná. Curitiba, Paraná, Brasil.

*E-mail para correspondência: anapaula.gebert@gmail.com

publications from 2010 to 2024 in the PubMed, SciELO, Google Scholar, and Web of Science databases. The search included descriptors such as “glass fiber posts,” “fracture resistance,” “resin cements,” “dental ferrule,” and “3D printing in dentistry.” Study selection involved screening of titles, abstracts, and full-text articles. Forty-six peer-reviewed studies were included, addressing mechanical properties, cementation techniques, and technological innovations of GFPs, while excluding studies focused exclusively on metal or ceramic posts.

Final Considerations: GFPs demonstrate potential in the rehabilitation of endodontically treated teeth by combining esthetics, tissue preservation, and mechanical compatibility. However, their clinical success depends on strict protocols for adhesion, cementation, and structural preservation. Innovations such as 3D printing and the incorporation of light-reflective particles point to future advances in treatment efficacy and predictability.

KEYWORDS: Oral Rehabilitation; Technique for Intraradicular Retainer; Dental Prosthesis; Dentistry.

1 INTRODUÇÃO

A endodontia é um procedimento fundamental na odontologia, indicado para preservar dentes comprometidos por cáries profundas, traumatismos, fraturas que comprometeram a vitalidade pulpar de forma irreversível¹. Ao remover a polpa infectada e selar o sistema de canais radiculares, esse tratamento busca manter a função mastigatória e evitar a perda dentária. No entanto, dentes submetidos à terapia endodôntica frequentemente apresentam perda significativa de estrutura coronária, seja devido ao processo carioso ou ao próprio procedimento, resultando em fragilidade biomecânica e maior suscetibilidade a fraturas¹.

A reconstrução desses elementos demanda estratégias que equilibrem resistência mecânica, preservação tecidual e estética. Em casos de perdas coronárias extensas superiores a 50%, os pinos intrarradiculares tornam-se essenciais para reter o núcleo de preenchimento e garantir estabilidade do material de reconstrução coronário. Por décadas, pinos metálicos e cerâmicos foram as opções predominantes, mas suas limitações como rigidez excessiva, risco de corrosão e incompatibilidade estética promoveram o desenvolvimento de alternativas mais biomecanicamente compatíveis².

Nesse contexto, os avanços em materiais odontológicos levaram ao surgimento de sistemas intrarradiculares inovadores, como os pinos de fibra de vidro (PFVs). Projetados para replicar as propriedades biomecânicas da dentina, esses dispositivos representam uma convergência entre ciência dos materiais e demandas clínicas modernas, priorizando técnicas minimamente invasivas e resultados previsíveis³.

2 METODOLOGIA

Para a realização desta revisão, foram inicialmente definidos os parâmetros temporais e temáticos que norteariam a pesquisa, abrangendo publicações realizadas entre 2010 e 2024. A estratégia de busca compreendeu a consulta a diversas bases de dados – entre elas, *PubMed*, *SciELO*, *Google Acadêmico* e *Web of Science* – utilizando uma combinação de termos em português (“pinos de fibra de vidro”, “resistência à fratura”, “cimentos resinosos”, “férula dentária” e “impressão 3D em odontologia”) e em inglês (“glass fiber posts”, “fracture strength”, “resin cements”, “dental ferrule” e “3D printing in dentistry”).

A busca inicial resultou na identificação de 1063 artigos. Em seguida, foi realizada uma triagem dos títulos e resumos, cujo objetivo primordial foi eliminar duplicatas e descartar os registros que não atendiam aos critérios temáticos. Nesse estágio, foram aplicados os seguintes elementos de exclusão:

- Irrelevância temática: Excluíram-se os estudos que não abordavam as propriedades mecânicas dos PFVs – isto é, aqueles que não incluíam ensaios de flexão, determinação do módulo de elasticidade ou avaliação das técnicas de cimentação.
- Foco inadequado: Foram desconsiderados os trabalhos que tratavam exclusivamente de pinos metálicos ou cerâmicos sem realizar a comparação com os pinos de fibra de vidro.
- Publicações não revisadas por pares: Excluíram-se artigos oriundos de fontes que não passaram por rigorosa revisão por pares, como teses, dissertações e relatórios técnicos, bem como estudos que não se enquadravam no contexto de reabilitação pós-endodôntica.
- Metodologia deficiente: Estudos com protocolos experimentais mal definidos, ausência de padronização nos ensaios de resistência ou que apresentavam metodologia insatisfatória foram desclassificados.

Após essa triagem, 213 estudos foram selecionados para a leitura integral dos textos. Durante essa etapa, uma análise crítica aprofundada - que considerou a consistência metodológica, a clareza na apresentação dos dados e a relevância dos resultados - culminou na exclusão de 167 estudos, restando, assim, 46 artigos pertinentes ao tema.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 BIOMECÂNICA E PROPRIEDADES DOS PFVS

As inovações em procedimentos clínicos odontológicos têm sido impulsionadas por pesquisas que buscam desenvolver novos materiais e técnicas para simplificar etapas clínicas e prolongar a

durabilidade das restaurações⁴. Dentes tratados endodonticamente são mais suscetíveis a falhas biomecânicas em comparação com dentes vitais, devido à perda acentuada de tecido saudável remanescente e de umidade⁵. Quando o remanescente coronário é insuficiente, pode ser necessária a utilização de pinos intrarradiculares para proporcionar retenção e estabilidade do material de reconstrução coronário ao preparo dental, garantindo o sucesso da reabilitação protética planejada⁶.

Os PFVs destacam-se como uma das inovações mais relevantes na reabilitação de dentes tratados endodonticamente, sendo amplamente utilizados por cirurgiões-dentistas devido às suas características favoráveis, como comportamento biomecânico, estética, custo-benefício e facilidade de uso. Além disso, os PFVs demandam um preparo radicular menos invasivo, preservando maior quantidade de estrutura dentária saudável⁷. Essa abordagem é particularmente útil em casos de perda coronária superior a 50%, em que os pinos intrarradiculares são essenciais para fornecer retenção ao material de reconstrução e garantir a estabilidade necessária para a reabilitação protética⁸.

Uma característica essencial dos PFVs é o seu módulo de elasticidade, em torno de 20 GPa, compatível com o da dentina que varia de 10 a 30 GPa, dependendo da composição e orientação dos túbulos dentinários. Essa compatibilidade biomecânica contribui para uma distribuição uniforme das forças mastigatórias, reduzindo o risco de fraturas radiculares e favorecendo a preservação da estrutura dentária remanescente⁹. No entanto, é importante destacar que os pinos intrarradiculares não reforçam a estrutura dentária; ao contrário, o preparo do canal para sua inserção, realizado com brocas específicas, pode enfraquecer o dente ao promover desgaste adicional, ressaltando a importância de um planejamento criterioso para minimizar esses impactos¹⁰.

Os PFVs são constituídos por fibras formadas predominantemente por sílica (SiO₂), enriquecidas com óxidos como cálcio, boro, sódio, ferro e alumínio¹¹. Essa composição resulta em vidros geralmente amorfos, embora possam ocorrer transformações parciais em fases cristalinas sob temperaturas elevadas e prolongadas¹¹. Existem diferentes tipos de fibras utilizadas em resinas, como a *E-glass*, que se destaca pela boa resistência e propriedades elétricas, a *C-glass*, com maior resistência à corrosão, e a *S-glass*, que oferece o maior módulo de elasticidade e resistência à fratura¹². As fibras se integram à matriz de resina, geralmente de caráter epóxi, poliéster insaturado ou éster vinil por meio de um agente de acoplamento organosilano, o que garante uma união eficiente e otimiza as propriedades mecânicas do pino^{13, 14}.

3.2 APLICAÇÕES CLÍNICAS E VANTAGENS DOS PFVS

Em comparação com outros tipos de pinos intrarradiculares, os PFVs apresentam vantagens notáveis. Pinos metálicos, sejam fundidos ou pré-fabricados, geralmente oferecem boa adaptação ao

canal radicular, mas são limitados pela estética desfavorável, riscos de corrosão e um módulo de elasticidade elevado, que pode resultar em concentrações de tensões e fraturas¹⁵. De forma similar, os pinos cerâmicos, como os de zircônia, combinam uma aparência atrativa com uma elevada rigidez que pode levar a falhas mecânicas e promover fraturas dentárias irreversíveis. Já os PFVs e quartzo demonstram uma compatibilidade biomecânica superior, promovendo uma distribuição mais uniforme das forças mastigatórias e, conseqüentemente, preservando a estrutura dentária¹⁶.

Dessa forma, do ponto de vista clínico, a escolha do pino adequado deve levar em consideração não apenas as propriedades intrínsecas do material, mas também as condições remanescentes do dente e o planejamento restaurador global. A similaridade entre o módulo de elasticidade dos PFVs e o da dentina promove uma melhor distribuição das tensões evitando fraturas radiculares catastróficas, especialmente em dentes que dispõem de uma férula protetora adequada¹⁷. Além disso, a integração entre os fatores técnicos como a fração de volume de fibras, a qualidade da adesão e o desenho e formato do pino e a estratégia multidisciplinar de aumento do remanescente coronário contribui para um prognóstico mais favorável, proporcionando restaurações esteticamente harmoniosas e mecanicamente duráveis¹⁸.

Como citado, a arquitetura das fibras, definida pelo diâmetro, comprimento, fração volumétrica e alinhamento, é um fator determinante na performance dos PFVs. Fibras com diâmetro reduzido podem proporcionar melhores resultados em termos de resistência à flexão, embora variabilidades possam ocorrer devido às diferenças nas características superficiais dos pinos e à presença de filamentos metálico¹⁹. A correta determinação da fração de volume das fibras, ainda que metodologicamente desafiadora, é crucial para prever a resistência à fratura dos pinos, uma vez que concentrações maiores de fibras tendem a melhorar esse desempenho^{14, 20}.

Adicionalmente, fibras alinhadas paralelamente ao eixo longitudinal do pino permitem uma distribuição eficiente das cargas mastigatórias ao longo da estrutura, minimizando concentrações de tensão na interface fibra-matriz²¹. Essa configuração otimiza a resistência à flexão e ao cisalhamento, pois as fibras absorvem as forças compressivas de forma direcional, reduzindo o risco de delaminação e fratura catastrófica²¹. Quando as fibras se desviam desse alinhamento ideal, as tensões são transferidas de forma desigual para a matriz polimérica, gerando microfissuras e comprometendo a integridade estrutural, especialmente sob cargas oblíquas ou cíclicas^{22- 24}.

De mesma maneira, desvios na orientação das fibras, como agrupamentos ou angulações oblíquas, criam pontos de fragilidade que predispõem à falha precoce. A presença de espaços vazios ou bolhas na interface fibra-matriz, comum em processos de fabricação inadequados, amplifica esses efeitos, facilitando a propagação de fissuras¹². Mesmo pequenas irregularidades no arranjo das fibras reduzem a eficiência da transferência de carga, limitando a capacidade do pino de suportar forças

mastigatórias intensas. Portanto, a homogeneidade e o alinhamento longitudinal das fibras são essenciais para garantir durabilidade e resistência mecânica, reforçando a necessidade de controle rigoroso durante a produção dos PFVs¹².

3.3 ADESÃO E CIMENTAÇÃO

Além do material e das orientações das fibras dos PFVs, a eficácia deles depende criticamente da qualidade da adesão e da seleção adequada de cimentos resinosos, destacando-se três categorias: duais convencionais, duais autoadesivos e ionoméricos modificados por resina²³. Os cimentos duais convencionais combinam polimerização química (via peróxido de benzoíla) e fotoativação (por luz visível), melhorando a cura mesmo em regiões de difícil acesso luminoso²⁵. Já os duais autoadesivos eliminam a necessidade de condicionamento ácido prévio, simplificando o protocolo clínico²⁶. Os ionômeros modificados por resina unem a reação ácido-base tradicional à polimerização de metacrilatos, apresentando expansão higroscópica tardia que compensa a contração inicial, melhorando a retenção do pino²⁷.

Nesse contexto, a resistência adesiva é influenciada por fatores como controle de umidade, preparo da dentina e anatomia do canal. O terço apical geralmente apresenta menor adesão devido à dificuldade de hibridização da dentina e presença de debris. Sistemas adesivos convencionais de três etapas, combinados com cimentos duais, tendem a oferecer maior resistência, enquanto cimentos autoadesivos podem superá-los em cenários específicos, especialmente quando associados a condicionamento ácido seletivo²⁸.

De forma complementar, a integridade da interface cimento-dentina é crítica. Cimentos autoadesivos demonstram menor formação de fendas marginais em comparação a duais convencionais, especialmente no terço cervical. Esses achados reforçam a importância da escolha do material baseada em evidências, equilibrando propriedades físicas, facilidade de uso e compatibilidade com sistemas adesivos²⁹.

Dessa forma, os protocolos de cimentação eficazes demandam preparo meticuloso da dentina radicular. Descontaminação pós-tratamento endodôntico com irrigantes como EDTA (17%) ou hipoclorito de sódio (2,5%) remove a *smear layer*, aumentando a rugosidade superficial e a penetração do cimento³⁰. A secagem controlada com pontas de papel é crucial para evitar umidade excessiva, que interfere na adesão. Sistemas adesivos universais têm sido preferidos devido à compatibilidade com diferentes cimentos e capacidade de aderir à dentina úmida, enquanto adesivos autocondicionantes são indicados em casos de paredes radiculares finas, minimizando o risco de fragilização²⁹. Os desafios na adesão estão intrinsecamente ligados às condições adversas do canal

radicular. A umidade residual, mesmo após secagem, reduz a resistência de união entre dentina e cimento facilitando a infiltração microbiana. Além disso, a acessibilidade limitada à luz ultravioleta em regiões apicais compromete a polimerização de cimentos que dependem da fotoativação, gerando zonas de fragilidade³¹. A anatomia complexa de canais curvos ou estreitos também dificulta a distribuição homogênea do material, exigindo técnicas de inserção passiva (ex: Lentulo) ou ativação sônica para otimizar o fluxo do cimento³².

3.4 FÉRULA E FATORES ESTRUTURAIS

Além da questão de cimentação e polimerização do cimento, o prognóstico de dentes tratados endodonticamente está diretamente associado a fatores como reconstrução coronária adequada, posição do elemento no arco dentário, material restaurador final, dimensões do pino intrarradicular e presença de estruturas de suporte, como a férula³³. A férula, composta por paredes remanescentes de dentina paralelas envoltas pela margem da restauração coronária, desempenha papel biomecânico crucial ao redistribuir tensões mastigatórias e proteger contra fraturas radiculares³⁴. Sua presença reduz significativamente os estresses internos, independentemente do tipo de pino utilizado, sendo recomendada uma altura mínima de 2 mm e espessura de 1,5 mm para otimizar a resistência à fadiga e evitar falhas irreversíveis³⁵.

A perda excessiva de estrutura dentária, comum em preparos endodônticos extensos, eleva o risco de fraturas cervical, principalmente sob cargas assimétricas. Dentes com redução coronária superior a 50% tornam-se vulneráveis devido à concentração de tensões, especialmente quando submetidos a forças oblíquas. Nesses casos, a ausência de férula limita a eficácia de pinos não metálicos, assim como os de fibra de vidro, que apresentam menor resistência a cargas de flexão e cisalhamento comparados a núcleos metálicos fundidos. Sob ciclos mastigatórios repetitivos, a fadiga do material pode levar à fratura da matriz de resina e desagregação das fibras, comprometendo a integridade restauradora³⁶.

Em cenários de cargas verticais, observa-se comportamento distinto: dentes sem férula restaurados com PFVs tendem a falhas reversíveis, ou seja, passíveis de reparo e retratamento, enquanto núcleos metálicos podem resultar em fraturas catastróficas³⁷. Contudo, quando a férula está presente, ambos os sistemas exibem desempenho semelhante, destacando a importância da preservação de estruturas dentais remanescentes. Estratégias multidisciplinares, como tracionamento ortodôntico para aumento de coroa clínica, são alternativas viáveis para criar suporte biomecânico adequado, permitindo o uso de pinos não metálicos mesmo em casos complexos³⁸.

Além das condições anatômicas, fatores técnicos influenciam diretamente no sucesso. Pinos com diâmetro incompatível ao canal radicular geram espaços vazios, facilitando infiltração bacteriana e elevando a dissolução do cimento. Cimentos resinosos de baixa estabilidade hidrolítica sofrem erosão precoce, desencadeando micromovimentos e fraturas por fadiga³⁹. Portanto, a seleção criteriosa de materiais, associada a protocolos que priorizem a preservação de dentina e o controle de cargas oclusais, é essencial para garantir durabilidade e função em reabilitações pós-endodônticas⁴⁰.

3.5 INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS

A necessidade de otimização da polimerização em canais radiculares levou a ideia de desenvolvimento de PFVs transmissivos de luz fotoativadora⁴¹. Esses dispositivos incorporam fibras ópticas em sua matriz, permitindo a transmissão de luz até regiões apicais, onde a irradiância convencional é insuficiente. Essa incorporação poderia elevar o grau de conversão do cimento resinoso e reduzir a formação de zonas não polimerizadas, minimizando riscos de infiltração bacteriana⁴¹. Contudo, os tempos de exposição prolongados ainda precisam ser mais estudados para evitar superaquecimento da raiz, que pode exceder 5,5°C e danificar tecidos perirradiculares^{42, 43}. Tecnologias auxiliares também têm sido integradas para aprimorar a eficácia clínica dos PFVs, como é o caso do uso de luzes de polimerização de amplo espectro (380–500nm) com irradiância elevada ($\geq 2.000 \text{ mW/cm}^2$) e pontas flexíveis permite adaptar o processo à anatomia curvilínea dos canais, garantindo melhor penetração luminosa⁴⁰. Dispositivos sônicos, que operam por vibrações, auxiliam na otimização do fluxo do cimento em áreas restritas, reduzindo a formação de bolhas e espaços vazios, o que se traduz em uma taxa de sucesso elevada para as restaurações intrarradiculares⁴⁴.

A personalização por meio da impressão 3D tem se destacado na adaptação anatômica dos pinos, especialmente na fabricação de PFVs com geometrias que reproduzem o canal radicular, minimizam espaços vazios e promovem melhor distribuição das tensões. Embora os scanners atuais ainda apresentem limitações na captação das porções mais profundas dos canais, técnicas de escaneamento 3D estão em desenvolvimento para aprimorar essa precisão⁴⁵.

Entretanto, a odontologia digital ainda enfrenta desafios significativos. O elevado custo dos equipamentos e a necessidade de capacitação técnica especializada limitam sua adoção em larga escala. Além disso, nem todos os escâneres conseguem captar com precisão a complexa morfologia do conduto radicular, o que pode comprometer a qualidade dos modelos digitais e, consequentemente, a adaptação dos pinos. É importante ressaltar que, embora a impressão 3D de PFVs represente um caminho inovador, essa tecnologia encontra-se em estágio inicial. A fabricação desses pinos ainda sofre com a falta de padronização na inserção das fibras de vidro, o que resulta em variações das

propriedades mecânicas entre os lotes. Apesar desses desafios, trata-se de uma área com grande potencial para avanços futuros na reabilitação intrarradicular⁴⁶.

Uma abordagem complementar promissora é a incorporação de partículas refletoras de luz na matriz dos PFVs. Essas partículas poderiam promover a dispersão homogênea da luz ultravioleta, ampliando a área de polimerização e reduzindo os gradientes de cura. Contudo, essa estratégia apresenta desafios e existem poucas pesquisas robustas sobre o assunto.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os pinos de fibra de vidro consolidaram-se como uma solução revolucionária na reabilitação de dentes tratados endodonticamente, equilibrando inovação tecnológica, preservação tecidual e eficácia clínica. Sua capacidade de replicar as propriedades biomecânicas da dentina, aliada a menor destruição do conduto, redefine os padrões de cuidado ao reduzir riscos de fraturas radiculares e maximizar a longevidade restauradora. Em contraste com sistemas tradicionais, como pinos metálicos ou cerâmicos, os PFVs oferecem vantagens intrínsecas, como compatibilidade estética e biomecânica, facilidade de uso e adaptação a cenários clínicos complexos, especialmente em casos de perda coronária significativa.

A eficácia desses dispositivos, contudo, depende de protocolos clínicos rigorosos, desde a seleção de cimentos resinosos adequados até a aplicação de técnicas de adesão modernas que garantam integridade marginal. A presença de uma férula dentária adequada mantém-se como um pilar indispensável para a estabilidade biomecânica, reforçando a necessidade de abordagens multidisciplinares que priorizem a preservação de estrutura dental remanescente.

Inovações emergentes, como a integração de tecnologias digitais e o desenvolvimento de materiais híbridos, apontam para um futuro promissor, no qual a personalização e otimização de propriedades mecânicas poderão superar desafios atuais, como a heterogeneidade na fabricação e a polimerização em regiões de difícil acesso. No entanto, a transição para essas tecnologias exige investimento em pesquisa, padronização de protocolos e capacitação profissional.

Em síntese, os PFVs representam um avanço significativo na reabilitação oral, alinhando-se às demandas por procedimentos previsíveis, menos invasivos e esteticamente superiores. Seu impacto transcende a biomecânica, refletindo uma evolução contínua rumo a soluções que harmonizam ciência, tecnologia e prática clínica, garantindo não apenas a recuperação funcional, mas também a qualidade de vida dos pacientes.

REFERÊNCIAS

1. Abdelfattah RA, Nawar NN, Kataia EM, Saber SM. How loss of tooth structure impacts the biomechanical behavior of a single-rooted maxillary premolar: FEA. *Odontology*. 2024 Jan;112(1):279-286. DOI: 10.1007/s10266-023-00829-6.
2. Maciel CM, Baroudi K, Oliveira KCF, Santos C, Lima CS, Vitti RP. Clinical longevity of metallic versus fiberglass intraradicular posts: a systematic review. *Braz Dent Sci*. 2024;27(1):e4114. DOI: 10.4322/bds.2024.e4114.
3. Oliveira LKBF, Silva SRC, Moura VS de, Andrade AMC, Torres LM de M, Silva M dos AF da, Santos LRS, Silva DA da, Gomes JA, Gonçalves EG de. Comparative analysis between fiberglass post and cast metal core: an integrative review. *Res Soc Dev*. 2021;10(5):e51610515236. DOI: 10.33448/rsd-v10i5.15236.
4. Goracci C, Ferrari M. Current perspectives on post systems: a literature review. *Aust Dent J*. 2011 Jun;56(Suppl 1):77-83. DOI: 10.1111/j.1834-7819.2010.01298.x.
5. Zelic K, Milovanovic P, Rakocevic Z, Askrabic S, Potocnik J, Popovic M, Djuric M. Nano-structural and compositional basis of devitalized tooth fragility. *Dent Mater*. 2014 May;30(5):476-86. DOI: 10.1016/j.dental.2014.01.014.
6. Oliveira IK, Arsati YB, Basting RT, França FM. Waiting time for coronal preparation and the influence of different cements on tensile strength of metal posts. *Int J Dent*. 2012;2012:785427. DOI: 10.1155/2012/785427.
7. Guldener KA, Lanzrein CL, Siegrist Guldener BE, Lang NP, Ramseier CA, Salvi GE. Long-term Clinical Outcomes of Endodontically Treated Teeth Restored with or without Fiber Post-retained Single-unit Restorations. *J Endod*. 2017 Feb;43(2):188-193. DOI: 10.1016/j.joen.2016.10.008.
8. Zarow M, Ramírez-Sebastià A, Paolone G, de Ribot Porta J, Mora J, Espona J, Durán-Sindreu F, Roig M. A new classification system for the restoration of root filled teeth. *Int Endod J*. 2018 Mar;51(3):318-334. DOI: 10.1111/iej.12847.
9. Meng Y, Huang F, Wang S, Huang X, Lu Y, Pei D. Bonding properties of mild universal adhesives to dentin pretreated with hydroxyapatite-based desensitizing agents. *Hua Xi Kou Qiang Yi Xue Za Zhi*. 2022 Dec 1;40(6):668-675. English, Chinese. DOI: 10.7518/hxkq.2022.06.007.
10. Alsamadani KH, Abdaziz el-SM, Gad el-S. Influence of different restorative techniques on the strength of endodontically treated weakened roots. *Int J Dent*. 2012;2012:343712. DOI: 10.1155/2012/343712.
11. Zhang C, Xu Y, Liu J, Li J, Xiang J, Li H, Li J, Dai Q, Lan S, Miroshnichenko AE. Lighting up silicon nanoparticles with Mie resonances. *Nat Commun*. 2018;9(1):2964. DOI: 10.1038/s41467-018-05394-z.
12. Reis A, Loguercio, A. *Materiais Dentários Diretos - Dos Fundamentos à Aplicação Clínica*. 2ª edição. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2021.
13. Prashanth S, Subbaya KM, Nithin K, Sachhidananda S. Fiber reinforced composites: a review. *J Mater Sci Eng*. 2017;6(3):2-6. DOI: <https://doi.org/10.4172/2169-0022.1000341>
14. Franco APGO, Hecke MB, Sydney GB, Mazur RF, Gomes OMM. Influência das características das fibras na resistência flexural e modo de fratura dos pinos intrarradiculares. *Clin Lab Res Dent*. 2015; 21(3):171-9. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2357-8041.clrd.2015.121347>

15. Abdulamir SW, Majeed MA. Fracture Resistance of Endodontically Treated Maxillary Premolar Teeth Restored with Wallpapering Technique: A Comparative In Vitro Study. *Int J Dent*. 2023 Apr 25;2023:6159338. DOI: 10.1155/2023/6159338.
16. Abdelaziz KM, Khalil AA, Alsalhi IY, Almufarrij AJ, Mojathel AY. Fracture Resistance of Tilted Premolars Restored with Different Post-Core Systems. *J Int Soc Prev Community Dent*. 2017 Nov-Dec;7(6):344-350. DOI: 10.4103/jispcd.JISPCD_382_17.
17. Chuang SF, Yaman P, Herrero A, Dennison JB, Chang CH. Influence of post material and length on endodontically treated incisors: an in vitro and finite element study. *J Prosthet Dent*. 2010 Dec;104(6):379-88. DOI: 10.1016/S0022-3913(10)60171-0.
18. Barbosa IF, Barreto BCT, Coelho MDO, Pereira GDDS, De Carvalho ZMC. Pinos de Fibra: Revisão da Literatura. *Rev Uningá Rev*. 2016;28(1):83-7.
19. Chirila M, Dimitriu B, Bartok RI, Amza O, Serban AM, Suciu I. Fracture resistance of endodontically treated teeth restored with resin post reinforced with glass fiber. *J Med Life*. 2021 Jan-Mar;14(1):81-85. DOI: 10.25122/jml-2020-0180.
20. Hatta M, Shinya A, Gomi H, Vallittu PK, Säilynoja E, Lassila LVJ. Effect of Interpenetrating Polymer Network (IPN) Thermoplastic Resin on Flexural Strength of Fibre-Reinforced Composite and the Penetration of Bonding Resin into Semi-IPN FRC Post. *Polymers (Basel)*. 2021 Sep 21;13(18):3200. DOI: 10.3390/polym13183200.
21. Awad WM, Davies DW, Kitagawa D, Mahmoud Halabi J, Al-Handawi MB, Tahir I, et al. Mechanical properties and peculiarities of molecular crystals. *Chem Soc Rev*. 2023 May 9;52(9):3098-3169. DOI: 10.1039/d2cs00481j.
22. Stewardson DA, Shortall AC, Marquis PM, Lumley PJ. The flexural properties of endodontic post materials. *Dent Mater*. 2010 Aug;26(8):730-6. DOI: 10.1016/j.dental.2010.03.017..
23. Pereira JR, Rosa RA, Só MV, Afonso D, Kuga MC, Honório HM, Valle AL, Vidotti HA. Push-out bond strength of fiber posts to root dentin using glass ionomer and resin modified glass ionomer cements. *J Appl Oral Sci*. 2014 Sep-Oct;22(5):390-6. DOI: 10.1590/1678-775720130466.
24. Panitiwat P, Salimee P. Effect of different composite core materials on fracture resistance of endodontically treated teeth restored with FRC posts. *J Appl Oral Sci*. 2017 Mar-Apr;25(2):203-210. DOI: 10.1590/1678-77572016-0306.
25. Juloski J, Fadda GM, Monticelli F, Fajó-Pascual M, Goracci C, Ferrari M. Four-year Survival of Endodontically Treated Premolars Restored with Fiber Posts. *J Dent Res*. 2014 Jul;93(7 Suppl):52S-58S. DOI: 10.1177/0022034514527970.
26. Torres-Sánchez C, Montoya-Salazar V, Córdoba P, Vélez C, Guzmán-Duran A, Gutierrez-Pérez JL, Torres-Lagares D. Fracture resistance of endodontically treated teeth restored with glass fiber reinforced posts and cast gold post and cores cemented with three cements. *J Prosthet Dent*. 2013 Aug;110(2):127-33. DOI: 10.1016/S0022-3913(13)60352-2.
27. Vinothkumar TS, Doshi K, Malli Sureshbabu N, Somasundaram J, Arthisri AS, Setzer FC, Nagendrababu V. Comparison of Reverse Sandwich Restorations Versus Composite Fillings for the Restoration of External Cervical Resorptions: An In-Vitro Study. *Eur Endod J*. 2024 Jan 1;9(1):57-64. DOI: 10.14744/eej.2023.27146.
28. Pazinato RB. Influência do selamento imediato da dentina na resistência de união de diferentes sistemas adesivos junto a cimentações de restaurações indiretas [dissertação]. Taubaté: Programa de Odontologia, Universidade de Taubaté; 2010.

29. Pulido C, Arrais CAG, Gomes GM, Franco APGB, Kalinowski HJ, Dávila-Sánchez A, Mongruel Gomes OM. Kinetics of polymerization shrinkage of self-adhesive and conventional dual-polymerized resin luting agents inside the root canal. *J Prosthet Dent*. 2021 Mar;125(3):535-542. DOI: 10.1016/j.prosdent.2020.01.017.
30. Luz LB, Santana RMC, Prates A, Froehlich J, Melo TAF, Montagner F, Luisim SB. Avaliação da formação de smear layer no preparo químico mecânico realizado com solução ou gel de hipoclorito de sódio a 2,5%. *J Health Biol Sci*. 2019;7(2):159–65. DOI:10.12662/2317-3076jhbs.v7ix.2328.p159-165.2019
31. Neves TPC, Leandrin TP, Tonetto MR, Andrade MF, Campo EA. Resistência de união à microtração de sistemas adesivos "condiciona-e-lava" de dois passos: efeito de diferentes tratamentos da superfície dentinária. *Rev Odontol UNESP*. 2017;46(3):131-137. DOI: 10.1590/1807-2577.14016.
32. Bassotto JS, Barreto MS, Seballos VG, Pereira GKR, Bier C. Influência do método de inserção do cimento resinoso na resistência adesiva de pinos de fibra de vidro. *J Oral Investig*. 2017;6(1):62-74. doi:10.18256/2238-510X/j.oralinvestigations.v6n1p62-74.
33. Watanabe MU, Anchieta RB, Rocha EP, Kina S, Almeida EO, Freitas AC Jr, Basting RT. Influence of crown ferrule heights and dowel material selection on the mechanical behavior of root-filled teeth: a finite element analysis. *J Prosthodont*. 2012 Jun;21(4):304-11. DOI: 10.1111/j.1532-849X.2011.00832.x.
34. Fontana PE, Bohrer TC, Wandscher VF, Valandro LF, Limberger IF, Kaizer OB. Effect of Ferrule Thickness on Fracture Resistance of Teeth Restored With a Glass Fiber Post or Cast Post. *Oper Dent*. 2019 Nov/Dec;44(6):E299-E308. DOI: 10.2341/18-241-L.
35. Uy JN, Neo JC, Chan SH. The effect of tooth and foundation restoration heights on the load fatigue performance of cast crowns. *J Prosthet Dent*. 2010 Nov;104(5):318-24. DOI: 10.1016/S0022-3913(10)60147-3.
36. Lazari PC, de Carvalho MA, Del Bel Cury AA, Magne P. Survival of extensively damaged endodontically treated incisors restored with different types of posts-and-core foundation restoration material. *J Prosthet Dent*. 2018 May;119(5):769-776. DOI: 10.1016/j.prosdent.2017.05.012.
37. Santana FR, Castro CG, Simamoto-Júnior PC, Soares PV, Quagliatto PS, Estrela C, Soares CJ. Influence of post system and remaining coronal tooth tissue on biomechanical behaviour of root filled molar teeth. *Int Endod J*. 2011 May;44(5):386-94. DOI: 10.1111/j.1365-2591.2010.01807.x.
38. Taneja S, Kumari M, Gupta A. Evaluation of light transmission through different esthetic posts and its influence on the degree of polymerization of a dual cure resin cement. *J Conserv Dent*. 2013 Jan;16(1):32-5. DOI:10.4103/0972-0707.105295.
39. Siqueira Junior JF, Rôças IDN, Marceliano-Alves MF, Pérez AR, Ricucci D. Unprepared root canal surface areas: causes, clinical implications, and therapeutic strategies. *Braz Oral Res*. 2018 Oct 18;32(suppl 1):e65. DOI: 10.1590/1807-3107bor-2018.vol32.0065.
40. Daugherty MM, Lien W, Mansell MR, Risk DL, Savett DA, Vandewalle KS. Effect of high-intensity curing lights on the polymerization of bulk-fill composites. *Dent Mater*. 2018 Oct;34(10):1531-1541. DOI: 10.1016/j.dental.2018.06.005.
41. Stylianou A, Burgess JO, Liu PR, Givan DA, Lawson NC. Light-transmitting fiber optic posts: An in vitro evaluation. *J Prosthet Dent*. 2017 Jan;117(1):116-123. DOI: 10.1016/j.prosdent.2016.06.020.
42. da Silva TM, Gonçalves LL, Siqueira EP, Pereira TC, Pontes S de O, Grecca AR, et al. Influence of simulated pulpal pressure on the variation of intrapulpal temperature during adhesive

system light-curing. *Braz Dent Sci.* 2017;20(2):55–61. DOI: <https://doi.org/10.14295/bds.2017.v20i2.1409>

43. Miguel-Almeida ME, Azevedo ML, Rached-Júnior FA, Oliveira CF, Silva RG, Messias DC. Effect of light-activation with different light-curing units and time intervals on resin cement bond strength to intraradicular dentin. *Braz Dent J.* 2012;23(4):362-6. DOI:10.1590/S0103-64402012000400009.

44. Mushashe AM, Amaral RO, Rezende CE, Filho FB, Cunha LF, Gonzaga CC. Effect of Sonic Vibrations on Bond Strength of Fiberglass Posts Bonded to Root Dentin. *Braz Dent J.* 2017 Jan-Feb;28(1):30-34. DOI: 10.1590/0103-6440201601107.

45. Libonati A, Di Taranto V, Gallusi G, Montemurro E, Campanella V. CAD/CAM Customized Glass Fiber Post and Core With Digital Intraoral Impression: A Case Report. *Clin Cosmet Investig Dent.* 2020 Feb 10;12:17-24. DOI:10.2147/CCIDE.S237442.

46. Oliveira GS, Báez JMD, Gomes GM, Gomes JC. Comparação da profundidade de escaneamento em canais radiculares alargados: Uma análise de três scanners intraorais e duas técnicas de escaneamento. *J Prosthet Dent.* 2025 maio;133(5):1342.e1-1342.e6. DOI: 10.1016/j.prosdent.2025.01.037.