

COMPATIBILIDADE DOS PINOS DE FIBRA DE VIDRO COM A ESTRUTURA DENTÁRIA COMPARADA AOS NÚCLEOS METÁLICOS FUNDIDOS

COMPATIBILITY OF FIBERGLASS POSTS WITH DENTAL STRUCTURE COMPARED TO CAST METAL CORES

JOYCE DOS SANTOS ANDRADE^{1*}, CÍNTIA ZANI RINALDO², PRISCILLA KAROLYNE BRAVIN³

1. Acadêmica do curso de graduação do curso de Odontologia da Faculdade de Ensino Superior de Cacoal - Fanorte; 2. Acadêmica do curso de graduação do curso de Odontologia da Faculdade de Ensino Superior de Cacoal – Fanorte; 3. Cirurgiã Dentista, especialista em Prótese e Implantodontia e docente no curso de Odontologia da Instituição de Ensino Superior de Cacoal - Fanorte.

* Av. Rio de Janeiro, 216, Novo Cacoal, Cacoal, Rondônia, Brasil. CEP: 76963-196. joyceandrade2712@gmail.com

Recebido em 06/10/2025. Aceito para publicação em 29/10/2025

RESUMO

A Odontologia contemporânea tem incorporado avanços tecnológicos significativos, sobretudo com a consolidação do sistema CAD/CAM (Computer-Aided Design/ Computer-Aided Manufacturing), que vem progressivamente substituindo métodos analógicos na confecção de retentores intrarradiculares. Nesse cenário, os pinos de fibra de vidro personalizados surgem como alternativa promissora aos modelos pré-fabricados, oferecendo melhor adaptação ao canal radicular, menor espessura de cimento, maior resistência adesiva e redução do risco de fraturas. O presente estudo, por meio de uma revisão da literatura, teve como objetivo investigar as técnicas de confecção desses retentores, os materiais de cimentação empregados e os impactos dessas variáveis na resistência e retenção da restauração. Observou-se que os pinos CAD/CAM apresentam desempenho superior aos convencionais, especialmente no que tange à adesividade e à adaptação marginal. Em contraposição, os núcleos metálicos fundidos, embora historicamente utilizados, demonstram limitações expressivas, como ausência de adesividade, risco de corrosão e transmissão excessiva de tensões à raiz dentária. Ainda que os estudos sobre pinos customizados por CAD/CAM sejam incipientes, as evidências apontam para benefícios clínicos relevantes, incluindo maior previsibilidade restauradora e diminuição do tempo clínico. Ressalta-se, contudo, que a longevidade do tratamento depende da aplicação rigorosa do protocolo clínico, contemplando desde a escolha adequada dos materiais até a cimentação criteriosa no conduto radicular.

PALAVRAS-CHAVE: Retentor Intrarradicular; CAD/CAM; Materiais Restauradores; Canal Radicular.

ABSTRACT

Contemporary Dentistry has been progressively integrating digital technologies, notably the CAD/ CAM (Computer-Aided Design/ Computer-Aided Manufacturing) system, which is replacing traditional analog methods in the fabrication of intraradicular posts. In this context, customized fiberglass posts have emerged as a promising alternative to prefabricated models, offering better root canal adaptation, thinner cement layers, enhanced adhesive strength, and reduced fracture risk. This literature review aimed to investigate the main fabrication techniques, available luting

agents, and their influence on the retention and strength of restorations. The findings indicate that CAD/CAM posts outperform conventional ones, particularly regarding marginal adaptation and adhesion. In contrast, cast metal cores, although widely used in the past, present significant drawbacks such as lack of adhesion, corrosion potential, and high stress transmission to root structures. Despite the limited number of studies on CAD/CAM-customized posts, preliminary data suggest notable clinical advantages, including improved marginal fit, higher retention, and reduced chair time. However, restorative success remains dependent on the strict adherence to clinical protocols, from material selection to precise cementation within the root canal.

KEYWORDS: Intraradicular Retainer; CAD/CAM; Restorative Materials; Root Canal.

1. INTRODUÇÃO

No contexto da reabilitação oral, especialmente nas áreas da odontologia restauradora e protética, é essencial que o cirurgião-dentista acompanhe continuamente os avanços tecnológicos, a fim de oferecer soluções terapêuticas eficazes, inclusive em caráter provisório. As restaurações provisórias desempenham papel fundamental na definição de parâmetros clínicos cruciais, como a reconstituição da dimensão vertical, o restabelecimento do plano oclusal, a harmonia estético-periodontal, bem como a forma, a cor e as dimensões da futura reabilitação definitiva¹.

Situações clínicas envolvendo lesões cáries profundas com comprometimento pulpar, ou danos traumáticos extensos, frequentemente culminam na necessidade de tratamento endodôntico. No entanto, a realização do acesso endodôntico acarreta significativa perda de estrutura dentária, o que pode inviabilizar a execução de uma restauração direta, comprometendo a retenção mecânica. Nesses casos, a instalação de uma coroa total torna-se imprescindível para restabelecimento estético e funcional adequado². Dentes submetidos à terapia endodôntica tornam-se mais suscetíveis à fratura em decorrência da desidratação da

dentina e da consequente perda de elasticidade³.

Para a reabilitação de dentes endodonticamente tratados com perda superior a 50% da estrutura coronária, é indicada a utilização de retentores intrarradiculares, sejam eles pré-fabricados (como os pinos de fibra de vidro) ou personalizados (como os núcleos metálicos fundidos). A principal função dos retentores intrarradiculares é proporcionar suporte e retenção à reabilitação coronal, especialmente quando o remanescente dentário se encontra estruturalmente comprometido. A escolha do tipo de pino deve considerar fatores como a resistência à tensão, facilidade de inserção e remoção, compatibilidade com os materiais restauradores e o impacto sobre os tecidos periodontais de suporte. A presença de cristas marginais e a integridade da estrutura dentária remanescente também influenciam diretamente a resistência à fratura⁴.

Adicionalmente, outros critérios clínicos devem ser observados na seleção do retentor intrarradicular mais adequado, incluindo a posição do dente na arcada, a quantidade de estrutura dentária remanescente, a existência de contatos proximais e o tipo de reabilitação definitiva planejada⁵. A literatura recomenda que o comprimento do pino represente aproximadamente dois terços do comprimento radicular remanescente. Em casos com reabsorção óssea, o pino deve alcançar ao menos metade da altura de suporte ósseo disponível, e deve-se manter um mínimo de 4 mm de material obturador apical para garantir o selamento adequado do sistema de canais⁴.

O efeito fêrula representa um fator determinante para o sucesso clínico de reabilitações em dentes tratados endodonticamente. Esse efeito é caracterizado pela presença de paredes dentinárias paralelas coronais ao preparo, que proporcionam resistência à fratura ao dissipar tensões ao longo da estrutura radicular⁶. A resistência mecânica do dente está diretamente relacionada à quantidade de dentina supragengival remanescente⁷. Evidências clínicas sugerem que a presença de ao menos 2 mm de dentina coronária, promovendo um efeito fêrula efetivo, está associada a maior longevidade do tratamento restaurador⁶⁻⁸.

Com o aumento da demanda por restaurações estéticas e os avanços nas técnicas adesivas, os pinos de fibra de vidro têm se tornado uma alternativa amplamente utilizada. Suas propriedades mecânicas, semelhantes às da dentina, conferem comportamento biomecânico favorável e minimizam o risco de fraturas radiculares. Esses pinos podem ser adaptados ao canal radicular por diferentes técnicas, dependendo do grau de compatibilidade com as paredes internas do conduto⁹.

Considerando a alta demanda clínica por retentores intrarradiculares e a diversidade de técnicas disponíveis, este estudo teve como propósito revisar a literatura científica sobre os métodos de confecção desses dispositivos, tanto em abordagens convencionais (analógicas) quanto digitais, e avaliar a viabilidade, a confiabilidade e a acessibilidade dos sistemas

CAD/CAM, especialmente no contexto da prática odontológica contemporânea e nas diferentes realidades socioeconômicas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização desta revisão da literatura, procedeu-se inicialmente à leitura de obras de referência fundamentais sobre a temática, com o objetivo de embasar teoricamente o estudo. Em seguida, foram conduzidas buscas sistematizadas nas bases de dados eletrônicas PubMed, Google Scholar e SciELO, utilizando-se como descritores os termos Retentor Intrarradicular, CAD/CAM, Materiais Restauradores e Canal Radicular. A estratégia de busca teve como critério de inclusão os artigos disponíveis na íntegra que abordassem, de forma direta ou indireta, aspectos relacionados à confecção de pinos de fibra de vidro, tanto por meio de métodos convencionais quanto digitais.

Este trabalho configura-se como uma revisão narrativa da literatura científica.

Foram considerados elegíveis para análise estudos do tipo relato de caso, revisões da literatura e artigos originais de pesquisa, sem delimitação temporal, de forma a abranger o maior número possível de evidências relevantes sobre a temática proposta.

3. DESENVOLVIMENTO

Pinos metálicos

Em dentes submetidos ao tratamento endodôntico que necessitam de suporte e retenção para restaurações indiretas, os retentores metálicos têm sido amplamente empregados ao longo do tempo. De acordo com Khaledi *et al.* (2025)², os pinos metálicos apresentam elevada resistência às forças rotacionais e possuem a vantagem de serem removidos com relativa facilidade, o que favorece eventuais retratamentos endodônticos². Historicamente, os pinos confeccionados em ligas de ouro eram preferidos devido às suas propriedades superiores, como alta biocompatibilidade, excelente resistência à corrosão e elevada rigidez mecânica. Contudo, devido ao elevado custo dessas ligas nobres, materiais alternativos como o níquel-cromo (Ni-Cr) têm sido adotados como substitutos viáveis, pois oferecem desempenho clínico semelhante a um custo mais acessível.

Conforme observado por Muniz (2020)⁴, os núcleos metálicos fundidos representaram, durante muito tempo, a única opção disponível para a confecção de retentores intrarradiculares⁴. Esses núcleos eram personalizados para cada unidade dentária a partir da moldagem direta do canal radicular, sendo fundidos em ligas metálicas específicas, como cobre-alumínio, níquel-cromo ou ligas nobres. Tais materiais, embora apresentem propriedades mecânicas favoráveis, como elevado módulo de elasticidade, também estão suscetíveis à corrosão, o que pode resultar em efeitos indesejáveis, como o escurecimento da gengiva e o manchamento de tecidos adjacentes, sobretudo em casos com

significativa perda de estrutura dentária. A fixação desses retentores fundidos ocorre por meio de retenção mecânica, exigindo um ajuste preciso nas paredes internas do canal radicular para garantir uma camada uniforme e delgada de cimento.

A literatura científica apresenta resultados divergentes quanto ao desempenho clínico desses dispositivos. Enquanto Sheykhan & Khodaei (2025)² relatam que os núcleos metálicos fundidos oferecem maior resistência à fratura em comparação com restaurações em resina composta², outros estudos, como os de Clavijo *et al.* (2008), não identificaram diferenças estatisticamente significativas entre os núcleos fundidos e outros tipos de pinos, quando avaliada a resistência à fratura dos dentes restaurados¹⁰. Esses achados indicam que a escolha do tipo de retentor deve considerar múltiplos fatores clínicos e biomecânicos, assim como as características individuais de cada caso.

Pinos estéticos

A odontologia restauradora tem evoluído significativamente com o advento de novas tecnologias, entre as quais destaca-se a introdução dos pinos de fibra de vidro como alternativa aos tradicionais pinos metálicos. Esses dispositivos têm sido amplamente utilizados por sua capacidade de promover melhor vedamento do canal radicular e por contribuírem para o reforço estrutural do elemento dentário. Conforme descrito por Fartes *et al.* (2020)¹, embora o desempenho clínico dos núcleos metálicos fundidos e dos pinos de fibra de vidro seja comparável, os pinos de fibra apresentam a vantagem de formarem um sistema monobloco com o material resinoso, favorecendo uma distribuição mais uniforme das tensões e reduzindo os danos à estrutura dental remanescente e aos tecidos periradiculares¹. Essa configuração monobloco contribui para uma diminuição da rigidez intrarradicular, o que potencialmente reduz o risco de fraturas radiculares.

Segundo Marchionatti *et al.* (2017)⁵, a seleção do tipo de pino mais apropriado deve considerar variáveis clínicas determinantes, como o grau de destruição coronária, a localização do dente na arcada e o tipo de restauração planejada⁵. Diversos materiais estão disponíveis para confecção dos retentores, com distintas propriedades mecânicas e módulos de elasticidade. Pinos com módulo de elasticidade significativamente maior que o da dentina tendem a gerar maior concentração de tensões no interior do canal, aumentando a probabilidade de falhas por fratura. Diante dessas limitações, os pinos confeccionados em fibra de carbono e fibra de vidro foram desenvolvidos visando à compatibilidade mecânica com o tecido dentinário e à estética. Os pinos de fibra de vidro, por apresentarem módulo de elasticidade semelhante ao da dentina, transmitem menor estresse à estrutura remanescente, priorizando a falha do pino/núcleo em vez da fratura radicular, o que configura uma abordagem restauradora mais conservadora.

De acordo com Andrioli *et al.* (2021)¹¹, os pinos de fibra de vidro oferecem múltiplas vantagens em relação

aos pinos metálicos¹¹. Dentre elas, destacam-se as excelentes propriedades estéticas, a resistência à corrosão, a compatibilidade com os sistemas adesivos e cimentantes, como também a facilidade de remoção em casos de retratamento. Além disso, por serem aplicados em menor número de sessões clínicas, otimizam o tempo clínico e favorecem a previsibilidade do tratamento. A estrutura reforçada por fibras confere elevada resistência à flexão, o que, somado ao módulo de elasticidade compatível, melhora significativamente as propriedades mecânicas da restauração final, resultando em menor desgaste do remanescente dentário e melhor integração estética.

O estudo conduzido por Fartes *et al.* (2020)¹ demonstrou, por meio de ensaios de resistência à tração, que a força necessária para o deslocamento do sistema monobloco formado pelo pino de fibra de vidro foi substancialmente superior àquela exigida para outros tipos de pinos, corroborando com dados prévios da literatura que validam sua eficácia clínica¹.

Por sua vez, em uma investigação *in vitro* realizada por Farina *et al.* (2022)³, foi constatado que, em casos nos quais não é possível atingir os dois terços do comprimento radicular recomendado como em raízes curvas a utilização de pinos metálicos de comprimento intermediário pode conferir resistência satisfatória à fratura³. No entanto, estudos de Clavijo *et al.* (2008) sugerem que o aumento do comprimento do pino favorece a distribuição das tensões ao longo da estrutura radicular, contribuindo para a preservação do remanescente dentário e a longevidade da reabilitação¹⁰.

Sucesso clínico

A cimentação de pinos de fibra de vidro constitui um procedimento clínico minucioso e altamente sensível, composto por múltiplas etapas que demandam rigor técnico para garantir resultados previsíveis. Diversas falhas clínicas têm sido associadas a esse processo, especialmente em razão do elevado fator cavitário dos canais radiculares, da presença de alterações estruturais decorrentes de tratamentos endodônticos prévios, da incompatibilidade entre os sistemas adesivos e cimentos resinosos, bem como da variabilidade morfológica e histológica da dentina intrarradicular. Outro tipo de falha relatado na literatura refere-se à fratura do núcleo de preenchimento, o que pode comprometer a longevidade da reabilitação⁶.

Atualmente, os cimentos resinosos são considerados os materiais de escolha para a fixação dos pinos de fibra de vidro, podendo ser classificados em duas categorias principais: os cimentos resinosos convencionais e os autoadesivos. Os cimentos convencionais requerem etapas adicionais, como o condicionamento ácido da dentina e a aplicação de sistema adesivo, o que aumenta a complexidade operatória. Por outro lado, os cimentos autoadesivos dispensam esses passos, promovendo simultaneamente a desmineralização e a infiltração na estrutura dentinária por meio de monômeros metacrilatos, o que contribui para uma adesão eficiente e uma maior retenção do

pino¹².

No estudo conduzido por Farina *et al.* (2022)³, foi demonstrado que o cimento de fosfato de zinco, tradicionalmente utilizado em procedimentos restauradores, não apresenta capacidade de adesão às paredes do canal radicular, sendo solúvel em meio oral, o que pode facilitar o deslocamento do pino sem, necessariamente, causar fratura radicular³. Em contrapartida, os cimentos resinosos, embora proporcionem maior resistência ao deslocamento, também podem aumentar o risco de fraturas radiculares devido à rigidez do conjunto restaurador. Diante disso, torna-se imprescindível a análise criteriosa do diâmetro do remanescente radicular, uma vez que a utilização de pinos com dimensões incompatíveis com a anatomia do canal pode comprometer suas paredes, elevando consideravelmente o risco de fratura. A escolha apropriada do calibre das brocas para o preparo do espaço do pino é, portanto, fundamental para preservar a integridade estrutural do dente.

De acordo com Clavijo *et al.* (2008), a presença de uma espessura excessiva de cimento entre o pino e as paredes do canal reduz a resistência à fratura do conjunto restaurador¹⁰. Em casos de canais amplos, é recomendável a utilização de pinos acessórios ou a adoção de técnicas de personalização, como a técnica do pino anatômico, a fim de adaptar o pino ao formato do canal e reduzir o volume de cimento necessário. Quanto mais eficiente for o ajuste do pino ao canal, maior será o vedamento, a resistência à tração e, consequentemente, o sucesso clínico da restauração.

Freidheim (2020) destaca a eficácia da técnica do pino anatômico, que consiste no reembasamento do pino de fibra de vidro com resina composta antes da cimentação definitiva¹³. Essa abordagem evita a formação de espessas camadas de cimento, reduz o risco de contração de polimerização e promove melhor adaptação ao canal radicular, além de favorecer um resultado estético mais satisfatório. Essa técnica tem se mostrado especialmente útil na reabilitação de canais amplos, nos quais o ajuste convencional do pino é limitado.

Métodos de confecção

A Odontologia contemporânea tem avançado significativamente em direção à incorporação de tecnologias digitais, com destaque para os sistemas Computer-Aided Design (CAD) e Computer-Aided Manufacturing (CAM), os quais vêm sendo amplamente utilizados na confecção de próteses e retentores intrarradiculares. Essa evolução visa superar as limitações dos métodos convencionais, promovendo maior precisão, previsibilidade e eficiência clínica. Consoante Freidheim (2020), a primeira etapa do fluxo CAD/CAM consiste no escaneamento digital, que pode ser realizado diretamente na cavidade oral do paciente ou por meio de moldes em cera, padrões em resina Duralay ou modelos em gesso¹³.

Dentre as principais vantagens atribuídas à tecnologia CAD/CAM, destacam-se a praticidade

operatória, a precisão dimensional, a previsibilidade clínica, a estética superior dos materiais, a possibilidade de arquivamento digital dos modelos, a aquisição de dados em tempo real e a melhoria na adaptação marginal e oclusal das restaurações. No entanto, existem limitações, tais como a dificuldade de escaneamento em regiões subgingivais ou áreas retentivas, a necessidade do uso de sprays opacificantes em determinados escâneres os quais podem comprometer a qualidade da imagem e da restauração, além do elevado custo inicial de aquisição dos equipamentos, a exigência de treinamentos específicos para a equipe clínica e laboratorial e a limitação dos escâneres em captar detalhes internos de condutos radiculares além de 9 mm de profundidade¹³.

Reis (2019) ressalta que a utilização dessa tecnologia possibilita uma expressiva redução no tempo clínico, visto que o pino e o núcleo são fabricados como uma unidade monolítica, eliminando a necessidade de confecção manual do núcleo em resina composta¹². Como os pinos são produzidos de forma personalizada, a partir do escaneamento ou da moldagem do conduto, alcança-se melhor adaptação às paredes internas do canal, maior retenção mecânica e menor espessura da linha de cimentação, o que contribui para a longevidade restauradora. Todavia, embora os benefícios clínicos e operacionais do CAD/CAM sejam promissores, a literatura científica ainda carece de evidências conclusivas quanto às propriedades mecânicas e estruturais dos pinos de fibra de vidro confeccionados integralmente por esse método, tornando necessário o aprofundamento de estudos comparativos e ensaios laboratoriais.

Comparação entre pino de fibra de vidro e núcleo metálico fundido

Os dentes submetidos ao tratamento endodôntico frequentemente apresentam significativa perda de estrutura coronária e enfraquecimento biomecânico, tornando-os mais suscetíveis a fraturas radiculares. Diante desse cenário, a utilização de retentores intrarradiculares torna-se fundamental para restabelecer a resistência do complexo coroa/raiz e viabilizar a reabilitação protética com segurança e durabilidade. A seleção do tipo de retentor a ser empregado em cada caso clínico é um aspecto crítico, dada a ampla variedade de técnicas e materiais disponíveis na prática odontológica contemporânea¹⁴.

O uso de pinos intrarradiculares remonta ao século XVIII, com o relato histórico de Pierre Fauchard, em 1728, que empregou um pino de madeira para promover maior retenção de uma coroa dentária. Já em 1899, passou-se a utilizar parafusos de platina nos canais radiculares como suporte para restaurações em amálgama, especialmente em dentes com severa destruição coronária¹⁵.

Durante décadas, o Núcleo Metálico Fundido (NMF) foi considerado a principal solução restauradora para dentes tratados endodonticamente, por apresentar boa resistência mecânica e custo relativamente

acessível. Contudo, com o avanço dos materiais estéticos e das técnicas adesivas, os Pinos de Fibra de Vidro (PFV) vêm ganhando destaque como alternativa viável, principalmente por dispensarem a etapa laboratorial, eliminarem a necessidade de moldagem intrarradicular e possibilitarem menor desgaste dentário, além de apresentarem propriedades estéticas superiores e módulo de elasticidade semelhante ao da dentina, favorecendo uma distribuição mais equilibrada das tensões¹⁶.

O NMF consiste em uma estrutura protética rígida e personalizada, confeccionada a partir da moldagem do conduto radicular e fabricada em laboratório. Seu papel é atuar como intermediário entre a raiz e a coroa protética, sendo indicado para casos de fratura coronária extensa, desde que a raiz dentária apresente condições estruturais adequadas para cimentação¹⁴.

Por sua vez, os PFVs são atualmente amplamente empregados na reabilitação de dentes endodonticamente tratados, oferecendo vantagens como menor custo, facilidade de remoção em retratamentos, redução do tempo clínico por permitirem cimentação em sessão única, e adesão eficiente aos sistemas resinosos. Além disso, o módulo de elasticidade semelhante ao da dentina reduz o risco de fraturas radiculares ao promover melhor dissipação das forças funcionais ao longo da raiz. Outros benefícios incluem sua estabilidade química, resistência à corrosão, excelente compatibilidade estética e menor desgaste do remanescente dentário durante o preparo¹⁷.

Os pinos de fibra de vidro foram concebidos com o propósito de associar resistência mecânica à adequada retenção para restaurações coronárias, especialmente em casos de comprometimento estrutural severo. Sua principal indicação se dá na reconstrução de dentes com perda significativa de estrutura coronária, viabilizando a retenção de restaurações diretas ou indiretas com segurança biomecânica¹⁴⁻¹⁸.



Figura 1. Comparativo visual entre NMF e PFV. **Fonte:** Galvão *et al.* (2018)²³

Resistência dos pinos

Embora os pinos intrarradiculares sejam amplamente empregados na Odontologia restauradora como recurso para a ancoragem de próteses dentárias em dentes com perda estrutural significativa, seu desempenho clínico em termos de resistência de união, resistência à tração, susceptibilidade à fratura e longevidade pode variar consideravelmente conforme o material utilizado em sua fabricação¹⁹.

A resistência de união refere-se à capacidade do

pino de se aderir, de maneira estável, tanto ao tecido dentinário quanto ao sistema restaurador protético. Pinos metálicos, por exemplo, geralmente apresentam elevada resistência de união, especialmente quando associados a cimentos convencionais, contudo, essa característica está frequentemente relacionada a um maior risco de fratura da raiz dentária, em razão do elevado módulo de elasticidade e da consequente concentração de tensões no interior do canal. Em contraposição, os pinos confeccionados em fibra de vidro tendem a exibir menor resistência de união em comparação aos metálicos, porém apresentam comportamento mecânico mais favorável, pois dissipam melhor as forças aplicadas, reduzindo o risco de fraturas radiculares²⁰.

Fraturas estruturais associadas ao uso de pinos intrarradiculares são complicações relevantes, sobretudo quando se empregam materiais de alta rigidez, como os metálicos, que concentram tensões nas paredes dentinárias e aumentam o risco de falhas catastróficas²¹. Em contraste, pinos de fibra de vidro, por apresentarem módulo de elasticidade próximo ao da dentina, promovem distribuição mais homogênea das tensões ao longo do remanescente coronoradicular, reduzindo a probabilidade de fratura estrutural²².

Outro fator crítico a ser considerado é a resistência à tração, isto é, a capacidade do sistema restaurador de resistir às forças geradas durante a função mastigatória e a fonética. Nesse aspecto, os pinos metálicos geralmente apresentam desempenho superior, devido à sua resistência mecânica intrínseca. No entanto, tal vantagem deve ser cuidadosamente ponderada em relação ao risco aumentado de falhas estruturais, especialmente em dentes com anatomia radicular delicada ou com extensa perda de dentina²³.

Portanto, a escolha do tipo de pino intrarradicular deve partir de uma análise criteriosa dos fatores clínicos e biomecânicos, especialmente a quantidade e a qualidade da estrutura coronoradicular remanescente, a localização do dente e o padrão oclusal, além das demandas estéticas, pois esses elementos condicionam a necessidade do pino, o material e o protocolo restaurador²⁴. A seguir, apresenta-se uma imagem radiográfica comparativa entre o Núcleo Metálico Fundido e o Pino de Fibra de Vidro, destacando diferenças morfológicas e sua relação com o canal radicular.



Figura 2. Comparação Radiográfica entre NMF e PFV. **Fonte:** Marchionatti, 2017⁵.

A longevidade dos pinos intrarradiculares diz

respeito ao período em que o conjunto pino-núcleo permanece funcional e clinicamente eficaz antes de exigir intervenção corretiva. A evidência clínica mais recente indica taxas de sobrevida semelhantes para dentes restaurados com pinos metálicos e com pinos de fibra de vidro, sem diferença estatisticamente significativa; o principal distintivo está nos modos de falha, com maior ocorrência de descolamento/perda de retenção nos pinos de fibra e fraturas radiculares mais associadas a sistemas metálicos²⁵. Em paralelo, a longevidade dos pinos de fibra pode ser afetada pela degradação hidrolítica do complexo adesivo dentina-resina e da interface fibra-matriz sob umidade constante, ciclagem térmica e fadiga mecânica, fenômeno bem descrito na literatura e relacionado ao aumento de falhas por perda de retenção ao longo do tempo²⁶.

Nesse contexto, a reabilitação de dentes submetidos ao tratamento endodôntico continua a representar um desafio clínico significativo para o cirurgião-dentista, exigindo criteriosa seleção dos materiais restauradores e planejamento individualizado, a fim de se alcançar estabilidade funcional e longevidade restauradora²⁷.

Resistência à união

De modo geral, dentes submetidos à terapia endodôntica apresentam maior suscetibilidade à fratura estrutural, uma vez que a perda significativa de tecido dentinário e a redução da umidade intrínseca alteram substancialmente as propriedades mecânicas do remanescente dental. Essa condição compromete a integridade biomecânica do elemento, exigindo abordagens restauradoras que priorizem a resistência e a durabilidade. No que diz respeito à resistência de união dos pinos de fibra de vidro (PFV), diversos fatores podem interferir nos resultados obtidos em ensaios laboratoriais, entre os quais se destacam a configuração da aplicação de carga, as características dos materiais utilizados, a área de superfície disponível para adesão e o desenho experimental das amostras²⁰.

A técnica de cimentação exerce papel determinante na longevidade funcional dos pinos intrarradiculares. Estudos apontam que a escolha adequada do protocolo adesivo pode minimizar falhas e otimizar a retenção. Dantas (2021) e Marchionatti *et al.* (2017)⁵ observaram variações nas estratégias de cimentação empregadas em diferentes tipos de pino, destacando-se o uso de cimentos de ativação química para pinos metálicos e cimentos resinosos adesivos para os PFVs, o que reflete a necessidade de adequação do sistema cimentante ao substrato restaurador⁵⁻²⁸.

A adesão eficaz entre a dentina e o cimento resinoso, promovida pelas estratégias adesivas modernas, contribui significativamente para a estabilidade do conjunto restaurador. De acordo com Schmitter, Hamadi e Rammelsberg, a cimentação com agentes adesivos foi mais comumente adotada em estudos envolvendo pinos de fibra de vidro, sugerindo uma tendência de maior confiabilidade clínica quando comparada a técnicas mais tradicionais²⁹. Da mesma forma, Sterzenbach, Franke e Naumann relataram

ausência de falhas de cimentação ao utilizarem cimentos autoadesivos em seus ensaios, destacando a importância do correto protocolo adesivo³⁰.

Além disso, o preparo da superfície interna do canal radicular por meio de jateamento abrasivo e o tratamento superficial dos pinos metálicos podem melhorar significativamente a retenção, ao promover alterações micromecânicas favoráveis na interface de união. Essas modificações contribuem para o aumento da rugosidade superficial e, consequentemente, para a eficácia do mecanismo adesivo, sendo, portanto, uma estratégia recomendada para a obtenção de maior longevidade clínica dos sistemas restauradores intrarradiculares³⁰.

Resistência à fratura

A avaliação da resistência de união entre os pinos intrarradiculares e as paredes do canal dentinário pode ser realizada por meio de diferentes métodos laboratoriais, sendo o teste mecânico conhecido como *push-out* considerado o mais apropriado para essa finalidade. Esse ensaio permite mensurar a força necessária para deslocar o pino ao longo do eixo do canal, simulando, de forma mais fiel, as forças funcionais aplicadas clinicamente. Estudos demonstram que, mesmo quando comparados pinos de fibra de vidro (PFVs) mais curtos com os núcleos metálicos fundidos (NMFs), os primeiros apresentam desempenho superior em relação à resistência à fratura, evidenciando sua eficácia mesmo em condições menos favoráveis³¹.

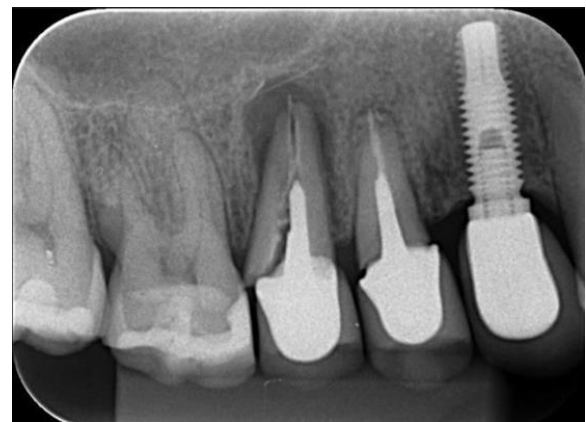


Figura 3. Fratura de raiz com Núcleo Metálico Fundido. **Fonte:** Marchionatti *et al.* (2017)⁵.

O tipo de pino selecionado, bem como seu módulo de elasticidade, desempenha papel central na determinação do padrão de falha clínica. Materiais mais rígidos, como os utilizados nos núcleos metálicos fundidos, tendem a gerar maior concentração de tensões na raiz dentária, favorecendo fraturas catastróficas que podem inviabilizar a manutenção do dente. Em revisões sistemáticas conduzidas por Schmitter, Hamadi e Rammelsberg (2022), foram identificadas fraturas radiculares associadas tanto aos pinos metálicos quanto aos de fibra de vidro, indicando que, embora os materiais apresentem propriedades distintas, nenhum está completamente isento do risco de falha estrutural²⁹. Portanto, a seleção criteriosa do tipo de pino deve considerar a preservação da estrutura dentária

remanescente, o comportamento biomecânico do material restaurador e o prognóstico de longo prazo.

No estudo conduzido por Sterzenbach, Franke e Naumann (2021), não foram identificadas fraturas radiculares em dentes restaurados com pinos metálicos, apesar do elevado módulo de elasticidade desses materiais em comparação à dentina natural³⁰. Embora os pinos de fibra de vidro (PFV) apresentem módulo de elasticidade mais próximo ao da dentina, ainda assim essa propriedade pode ser considerada relativamente elevada, o que pode comprometer a dissipação adequada das tensões geradas durante a função mastigatória. Como consequência, a má distribuição das cargas pode predispor o dente a fraturas radiculares, sobretudo em estruturas dentárias fragilizadas.

Corroborando esses achados, Schmitter, Hammadi e Rammelsberg (2022) relataram uma alta incidência de fraturas radiculares em sua investigação²⁹. Esse resultado foi atribuído ao uso de pinos metálicos rosqueados, cuja inserção no conduto radicular gera maior pressão sobre as paredes dentinárias. O encaixe forçado desses pinos tende a concentrar tensões localizadas na dentina, elevando o risco de falhas estruturais catastróficas. Assim, o tipo de pino, suas características mecânicas e a técnica de inserção adotada são fatores críticos que influenciam diretamente na integridade do remanescente radicular e no sucesso clínico da reabilitação protética.

Resistência à tração

O estudo desenvolvido por Baratieri *et al.* (2021) teve como objetivo principal comparar a resistência à tração entre núcleos metálicos fundidos e pinos de fibra de vidro, ambos cimentados com cimento resinoso³². A justificativa para essa comparação baseia-se na constatação de que a perda de estrutura dentária após o tratamento endodôntico compromete significativamente a integridade mecânica do dente, exigindo estratégias restauradoras que restabeleçam a resistência do conjunto coroa-raiz. Nesse contexto, características como o comprimento e o formato do retentor intrarradicular são determinantes para o sucesso clínico, pois influenciam diretamente tanto na distribuição de tensões na raiz quanto na estabilidade da restauração³²⁻³³.

Os avanços nas técnicas adesivas e nos materiais restauradores possibilitaram a introdução de cimentos resinosos como uma alternativa eficaz para a cimentação de pinos intrarradulares, especialmente os de fibra de vidro, que se destacam por preservarem a estrutura dentinária e apresentarem elevada resistência à corrosão. A retenção dos PFVs está fortemente relacionada às características de sua superfície e ao tipo de cimento empregado no procedimento restaurador³⁴.

Grandini, Sapia e Simonetti (2023), em um estudo clínico com acompanhamento radiográfico por quatro anos, avaliaram a taxa de sobrevivência de pinos de fibra de carbono em comparação com núcleos metálicos fundidos³⁵. Os resultados indicaram ausência de fraturas radiculares nos casos com pinos reforçados por fibra, e uma taxa de insucesso endodôntico de apenas 2%, sem

correlação com a técnica restauradora utilizada. Tais dados reforçam a segurança dos PFVs, evidenciando que estes provocam menor agressão à estrutura radicular, além de oferecerem praticidade no uso clínico e permitirem maior preservação dentária por meio da utilização de pinos pré-fabricados cimentados com Panavia EX®. Esse cimento resinoso apresentou desempenho superior ao cimento de fosfato de zinco³⁶.

Em estudo *in vitro*, Ozaki (2022) avaliou a resistência à tração de pinos de fibra de vidro pré-fabricados cimentados com diferentes agentes: resinosos, ionoméricos e fosfato de zinco³⁶. A pesquisa indicou que o cimento Bistite II SC® proporcionou os melhores resultados de adesão, em razão de sua capacidade de se polimerizar diretamente na interface do canal, aderindo tanto ao substrato dentinário quanto ao pino. O cimento de fosfato de zinco, por sua vez, mostrou-se mais friável e incapaz de estabelecer adesão eficiente com os materiais restauradores, o que compromete sua eficácia clínica. Os resultados obtidos reafirmam a importância da utilização de sistemas adesivos modernos, cuja superioridade tem sido amplamente documentada na literatura recente, sobretudo em procedimentos que envolvem cimentação de pinos pré-fabricados, restaurações indiretas e próteses fixas.

Adicionalmente, O'Keefe, Miller e Powers (2020) mensuraram a resistência adesiva de pinos confeccionados com quatro materiais distintos, utilizando três cimentos resinosos diferentes³⁷. O Panavia 21® apresentou os maiores valores de resistência à tração para todos os tipos de pinos testados, com resultados variando de 22 MPa a 37 MPa, com registros de média, desvio-padrão e valores mínimos e máximos de força necessários para a remoção dos pinos, evidenciando a eficácia da combinação entre cimento resinoso e pino de fibra com superfície tratada.

Balbosh e Kern (2021) também investigaram diferentes protocolos de tratamento superficial de pinos de fibra de vidro³³. A técnica de abrasão com partículas promovida por jateamento foi a que resultou nos maiores índices de resistência à tração após cimentação com Panavia F®, superando significativamente os grupos em que apenas *primers* foram utilizados. Isso sugere que a abrasão cria microrrugosidades na superfície do pino, favorecendo a retenção mecânica e melhorando o desempenho adesivo.

Atualmente, existem pinos de fibra de vidro comercializados com ranhuras e retenções já incorporadas à sua superfície, desenvolvidos com o propósito de otimizar a adesão aos cimentos resinosos. Esses modelos foram utilizados no estudo de Baratieri *et al.* (2021), que testou a hipótese de que a aplicação de sistemas adesivos dentinários não aumentaria significativamente a retenção dos PFVs cimentados com resina³². Foram avaliadas diferentes condições, incluindo pinos silanizados cimentados em condutos preparados com sistemas adesivos autocondicionantes, convencionais e sem qualquer tratamento adesivo prévio.

Ozaki (2022) ainda concluiu que a redução da espessura da linha de cimento é um fator determinante para o aumento da retenção friccional³⁶. Isso pode ser alcançado por meio da utilização de pinos que se adaptem melhor à anatomia interna do canal, como os pinos anatômicos individualizados ou o uso de pinos acessórios de fibra de vidro. Apesar da sensibilidade técnica exigida na cimentação adesiva, os dados apontam para resultados clínicos extremamente favoráveis quando os PFVs são cimentados com cimentos resinosos, consolidando-se como uma alternativa eficaz, conservadora e biomecanicamente segura na reabilitação de dentes tratados endodonticamente.

Longevidade dos pinos

Os avanços tecnológicos nos cimentos resinosos têm desempenhado um papel fundamental na melhoria dos procedimentos restauradores, proporcionando maior longevidade às reabilitações, melhorando significativamente a retenção dos elementos restauradores, otimizando a execução clínica e promovendo maior eficiência no uso dos materiais. Evidências científicas indicam que dentes restaurados com pinos de fibra de vidro apresentam desempenho mecânico superior, especialmente no que se refere à resistência à fratura, em comparação com aqueles restaurados com pinos metálicos²³⁻³⁸.

Entretanto, apesar da ampla investigação disponível, as revisões sistemáticas acerca da longevidade clínica de dentes tratados endodonticamente e restaurados com diferentes tipos de pinos sejam metálicos ou de fibra de vidro ainda revelam controvérsias nos resultados. Estudos clínicos analisados apontam inconsistências nos fatores que influenciam a taxa de sobrevivência dos pinos e nos padrões de falha observados, dificultando a obtenção de conclusões definitivas. Essas divergências decorrem, em grande parte, da heterogeneidade das condições clínicas avaliadas nas pesquisas, como variações no remanescente dentário, técnicas restauradoras e protocolos de cimentação adotados⁵⁻²⁹.

Entre os aspectos analisados, sobressai a relevância da quantidade e qualidade da estrutura coronária remanescente como fator determinante para o sucesso restaurador, pois a presença de ferrule de aproximadamente 1,5–2,0 mm está associada a maior resistência à fratura e a padrões de falha mais favoráveis⁶. Embora o material do retentor influencie o comportamento biomecânico, a manutenção de remanescente coronorradicular funcional tende a exercer impacto mais decisivo sobre a longevidade clínica, inclusive quando se utilizam pinos de fibra³⁹.

Ainda assim, a literatura apresenta heterogeneidade e resultados por vezes divergentes, com meta-análises que apontam efeito positivo do ferrule, mas ressaltam limitações metodológicas e a necessidade de ensaios clínicos controlados e de longo prazo; outras não demonstram diferença significativa para determinadas combinações material-técnica, reforçando a demanda

por estudos clínicos mais robustos⁴⁰.

Vantagens e desvantagens dos pinos metálicos fundidos e dos pinos de fibra de vidro

A análise da literatura especializada revela que, apesar dos avanços nos materiais restauradores e nas técnicas adesivas, não há um tipo de pino intrarradicular universalmente ideal para todas as situações clínicas. A escolha do retentor mais adequado deve ser pautada em uma avaliação criteriosa de fatores como a condição periodontal do paciente, a posição do dente na arcada, o padrão de estresse oclusal, o grau de comprometimento estrutural do elemento dentário e a morfologia radicular²⁸.

Os núcleos metálicos fundidos (NMF) ainda são amplamente utilizados, especialmente em casos em que há necessidade de controle do eixo protético, como em raízes vestibulares cuja inclinação foi alterada, exigindo o reposicionamento lingual da coroa para adequação funcional e estética. Nessas situações, a adaptação precisa à parede interna do canal não é possível com pinos pré-fabricados, sendo necessário compensar a discrepância anatômica com espessamento da camada de cimento⁴¹.

Entre as principais vantagens atribuídas aos NMFs, destacam-se sua elevada radiopacidade, a simplicidade técnica de confecção, a boa adaptação às paredes do canal radicular e a longa história de sucesso clínico. Além disso, sua alta rigidez confere estabilidade à reabilitação³¹. No entanto, esse mesmo alto módulo de elasticidade, significativamente superior ao da dentina, favorece a concentração de tensões na região apical da raiz, o que pode resultar em fraturas radiculares, especialmente em médio e longo prazo⁴¹.

As limitações dos NMFs são relevantes e envolvem diversos aspectos clínicos e laboratoriais. A ausência de adesão química com a estrutura dentária, a baixa estética devido à coloração metálica e à incapacidade de transmitir luz, e o potencial de corrosão são aspectos negativos consideráveis⁴¹. Ainda que técnicas de opacificação sejam utilizadas para mascarar a coloração metálica, é difícil obter resultados estéticos satisfatórios com esse tipo de retentor, principalmente em áreas anteriores e em restaurações com cerâmicas translúcidas¹⁵.

A fundição dos NMFs, que requer moldagem e produção em laboratório, impõe a necessidade de, pelo menos, duas sessões clínicas: uma para moldagem e outra para cimentação, aumentando o tempo de tratamento. Adicionalmente, seu custo pode ser superior ao dos pinos pré-fabricados atualmente disponíveis, tornando a opção menos atrativa sob o ponto de vista econômico²⁸⁻⁴².

Outro ponto crítico diz respeito à agressividade do preparo do conduto para acomodação dos NMFs, uma vez que o procedimento exige maior desgaste dentinário, o que pode comprometer a integridade do remanescente radicular⁴¹. Em relação à corrosão, sua ocorrência pode estar associada ao contato com

eletrólitos presentes na saliva, o que favorece a liberação de produtos corrosivos capazes de penetrar nos túbulos dentinários e provocar alterações de cor na raiz dentária¹⁴. A corrosão também pode ocorrer em canais acessórios abertos inadvertidamente durante o preparo, em restaurações coronárias com microfissuras, ou ainda em fraturas radiculares e dentinárias não diagnosticadas³⁸.

Considerando o módulo de elasticidade dos NMFs, que é substancialmente maior do que o da dentina, observa-se que esse descompasso biomecânico tende a concentrar tensões na extremidade radicular. Caso tais tensões excedam os limites fisiológicos de resistência do tecido dentário, há um risco aumentado de fratura, o que compromete a previsibilidade e a longevidade da reabilitação⁴¹. Assim, a decisão entre utilizar um pino metálico fundido ou um pino de fibra de vidro deve ser baseada em uma análise individualizada, considerando não apenas as propriedades físicas do material, mas também as condições clínicas e funcionais do paciente.

4. DISCUSSÃO

A reabilitação de dentes tratados endodonticamente por meio de pinos ou núcleos intrarradiculares representa um procedimento clínico desafiador, exigindo planejamento cuidadoso quanto à seleção dos materiais e da técnica restauradora. A escolha adequada desses elementos é essencial para garantir a longevidade e o sucesso funcional da restauração⁴³. Em geral, os dentes que necessitam de tratamento endodôntico apresentam histórico de trauma, como acidentes esportivos ou quedas, ou são acometidos por lesões cariosas extensas, o que justifica a necessidade de reconstrução coronária com retentores radiculares. Tradicionalmente, os primeiros dispositivos utilizados eram metálicos; no entanto, com o avanço da adesividade e o surgimento dos pinos de fibra de vidro, observou-se uma evolução significativa, principalmente em função da possibilidade de formação de um sistema monobloco, promovendo maior estabilidade e resistência⁴⁻⁵⁻¹⁰⁻²⁰⁻⁴².

Durante décadas, os núcleos metálicos fundidos foram amplamente empregados, principalmente devido à limitação na variedade de materiais restauradores disponíveis. Contudo, estudos recentes indicam que esse tipo de pino apresenta desvantagens importantes, como ausência de adesão química com os cimentos resinosos, suscetibilidade à corrosão, elevada rigidez que pode gerar sobrecarga mecânica à raiz dentária, risco de fraturas radiculares, maior dificuldade de remoção em casos de retratamento, além de exigir maior número de sessões clínicas¹³⁻⁴³. Apesar de sua longa trajetória clínica e respaldo científico, os pinos metálicos fundidos, por serem confeccionados com dimensões personalizadas, eliminam a necessidade de preenchimento adicional, o que pode ser considerado uma vantagem em certos casos.

A técnica convencional para moldagem do canal radicular visando à confecção de núcleos metálicos fundidos é direta, com padrão em resina acrílica (p. ex.,

Duralay/Pattern Resin) inserido no conduto previamente lubrificado com vaselina, permitindo obter a adaptação intrarradicular e, em seguida, esculpir a porção coronária do núcleo para o preparo protético; o padrão acrílico final é, então, enviado ao laboratório para fundição em liga metálica⁴⁴.

Quanto à cimentação, é tradicional o uso do cimento de fosfato de zinco em NMFs, dada sua longa história clínica e manuseio previsível; entretanto, por não promover adesão química e apresentar maior solubilidade relativa, requer adaptação precisa do núcleo e película de cimento delgada para reduzir microinfiltração⁴⁵.

Cimentos resinosos podem ser empregados quando se busca retenção adesiva, desde que respeitados os requisitos de tratamento de superfície e protocolo adesivo; todavia, em NMFs podem dificultar a retratabilidade futura do pino, motivo pelo qual a seleção do cimento deve considerar também a possibilidade de remoção do conjunto em eventuais retratamentos⁴⁶.

A introdução dos pinos pré-fabricados de fibra de vidro representou um avanço expressivo na Odontologia restauradora. Apesar de não serem personalizados para cada anatomia radicular, esses dispositivos trouxeram maior praticidade clínica, redução de tempo de tratamento e melhor relação custo-benefício. Para superar a limitação da adaptação anatômica, foi incorporado à prática clínica o sistema CAD/CAM, permitindo a personalização do pino e do núcleo com maior precisão e previsibilidade¹³⁻²⁰.

A adaptação dos pinos às paredes internas do canal radicular tem sido objeto de ampla investigação, especialmente pelo impacto direto na retenção e na estabilidade do sistema restaurador. Com isso, surgiram propostas inovadoras, como a confecção de pinos anatômicos personalizados, produzidos tanto por técnicas diretas quanto indiretas, utilizando a fresagem assistida por CAD/CAM. Esses avanços têm contribuído para melhorar significativamente a interface pino-dente, promover melhor distribuição de tensões e aumentar a longevidade das restaurações¹³⁻⁴³.

Os pinos de fibra de vidro (PFVs) apresentam um módulo de elasticidade semelhante ao da dentina hígida, o que favorece a distribuição homogênea das cargas mastigatórias, contribuindo para a dissipação das tensões e a preservação da integridade da estrutura radicular. No entanto, apesar dessa compatibilidade elástica, quando empregados em condutos amplos que exigem uma espessa camada de cimento resinoso, pode ocorrer contração volumétrica durante a polimerização, resultando em falhas adesivas, formação de lacunas e possíveis fraturas do pino¹³⁻²⁰.

A introdução da tecnologia CAD/CAM na Odontologia restauradora trouxe avanços significativos na personalização dos pinos intrarradiculares, permitindo sua fresagem a partir de blocos de fibra de vidro, o que proporciona melhor adaptação às paredes do canal e reduz a espessura da linha de cimentação. Essa adaptação otimizada resulta em maior estabilidade

e menor risco de falhas clínicas, especialmente em canais com anatomia irregular¹³⁻²⁰.

Dentre as técnicas de confecção dos pinos de fibra de vidro (PFVs), destaca-se a abordagem convencional, na qual um pino pré-fabricado é cimentado diretamente; em canais amplos, é frequente reanatomizar o pino com resina composta para reduzir a espessura do cimento e melhorar a adaptação, o que tende a elevar a retenção⁴⁷. O desempenho clínico dessa estratégia é consistente, com boas taxas de sobrevida reportadas para PFVs, embora a perda de retenção por falhas adesivas permaneça um modo de falha recorrente²⁴. Como alternativas para preencher o espaço entre pino e canal e mitigar o alto Fator C intrarradicular, têm sido propostos compósitos de núcleo *dual-cure*, como, por exemplo, Rebuilda DC e compósitos reforçados por fibras curtas (SFRC) na relinação/anatomização do pino; estudos laboratoriais apontam melhor adaptação e maior resistência de união em relação ao protocolo convencional⁴⁸. Entretanto, revisões recentes enfatizam a heterogeneidade metodológica e a ausência de evidência clínica robusta que demonstre superioridade inequívoca dessas alternativas sobre a técnica convencional⁴⁹.

A confecção de pinos anatômicos por fresagem CAD/CAM tem ganhado destaque como alternativa moderna para contornar as limitações da adaptação dos PFVs convencionais. Essa abordagem permite a fabricação de pinos personalizados com propriedades mecânicas superiores e adaptação íntima ao canal radicular. No entanto, há preocupações quanto à integridade estrutural das fibras de vidro durante o processo de fresagem. Microfraturas geradas durante essa etapa podem atuar como iniciadoras de trincas, comprometendo a resistência à fratura da restauração¹³.

De acordo com Freidheim (2020), pinos fresados com tecnologia CAD/CAM demonstraram desempenho satisfatório em testes de resistência radicular e boa adaptação ao conduto, promovendo uma fina camada de cimentação e uma interface eficiente entre pino, cimento e dentina¹³. Entretanto, a principal limitação observada na literatura está relacionada à adesão dentinária. Estudos apontam que falhas coesivas e adesivas entre o cimento resinoso e a dentina continuam sendo fatores relevantes para o desprendimento dos pinos¹³.

Pesquisas comparativas demonstraram que pinos e núcleos fresados por CAD/CAM apresentam maior resistência à fratura do que os núcleos metálicos fundidos ou os PFVs convencionais¹³⁻⁴³. Esses estudos também relataram maior retenção dos pinos personalizados em comparação aos pinos pré-fabricados. Apesar desses benefícios, a fresagem pode influenciar negativamente a resistência à flexão dos materiais¹³.

Outra alternativa para melhorar a adaptação dos pinos convencionais em canais amplos é o reembasamento com resina composta. No entanto, essa técnica tem demonstrado resistência adesiva inferior àquela observada nos pinos personalizados fresados por CAD/CAM¹³.

Diversos cimentos resinosos disponíveis no mercado possuem composição semelhante à das resinas compostas restauradoras, diferenciando-se principalmente pela menor quantidade de carga, o que proporciona maior fluidez. Esses materiais podem ser polimerizados por fotoativação ou por ativação química através do sistema peróxido-amina. O cimento de dupla polimerização (dual) combina esses dois mecanismos, proporcionando maior confiabilidade clínica. Dentre suas vantagens destacam-se: baixa solubilidade em fluidos bucais, alta resistência à tração, radiopacidade, controle de cor e baixo risco de fratura. Contudo, apresentam desvantagens, como a elevada sensibilidade técnica, alto custo e risco de interferência adesiva na presença de cimentos endodônticos à base de eugenol⁵⁰.

Além disso, os cimentos autoadesivos têm sido cada vez mais utilizados devido à sua facilidade de aplicação e à promessa de menor sensibilidade pós-operatória, uma vez que não requerem a remoção da *smear layer*. Esses materiais oferecem estabilidade dimensional, bom desempenho estético e propriedades adesivas comparáveis aos cimentos resinosos convencionais⁵⁰⁻⁵¹.

Os pinos de zircônia fresados por CAD/CAM também vêm sendo explorados na Odontologia restauradora por suas excelentes propriedades estéticas e elevada resistência à fratura. Entretanto, seu elevado módulo de elasticidade favorece a concentração de tensões, o que pode ocasionar fraturas radiculares irreversíveis, especialmente na região cervical da raiz¹³. Ainda que esses pinos sejam estruturalmente robustos, sua rigidez limita a dissipação das tensões funcionais, comprometendo a preservação da estrutura radicular.

Moqueem, Garcia & Melo (2023) demonstraram que a resistência ao cisalhamento no terço cervical dos PFVs fresados pode ser aumentada com o uso de tratamentos de superfície, como a aplicação de peróxido de hidrogênio a 24% seguido de silanização²⁶. Em contrapartida, Bilgin *et al.* (2025) observaram que pinos fresados em ligas metálicas como cobalto-cromo apresentaram maior resistência à fratura do que aqueles produzidos por sinterização a laser. No entanto, ambos os tipos apresentaram fraturas irreversíveis, também atribuídas ao elevado módulo de elasticidade dos materiais utilizados.

Por fim, o sistema CAD/CAM tem se consolidado como uma ferramenta inovadora, oferecendo maior produtividade, precisão, personalização, substituição de etapas laboratoriais e reabilitações com materiais estéticos e biomecanicamente confiáveis. Contudo, a limitação dos escâneres intrabucais, que só conseguem capturar a anatomia do conduto radicular até aproximadamente 9 mm de profundidade, ainda representa um desafio técnico. Além disso, por se tratar de uma tecnologia relativamente recente, há escassez de evidências científicas robustas que validem, de forma conclusiva, a superioridade clínica dos pinos fresados em CAD/CAM e de seus respectivos materiais¹³⁻⁴².

5. CONCLUSÃO

Com base na presente revisão de literatura, foi

possível concluir, de forma comparativa, que a técnica de confecção personalizada de pinos de fibra de vidro por meio do sistema CAD/CAM apresenta vantagens significativas em relação à adaptação, resistência e desempenho clínico. Esses pinos demonstram maior retenção ao longo do conduto radicular, promovem uma camada fina e uniforme de cimentação e favorecem a integração eficiente entre cimento, dentina e substrato protético. Além disso, destacam-se pela superioridade estética, especialmente em áreas visíveis. Contudo, uma limitação relevante da técnica está relacionada à incapacidade dos escâneres ópticos de capturar, com precisão, profundidades superiores a 9 mm, o que pode comprometer a personalização completa em canais mais longos ou complexos. Outro fator limitante refere-se ao direcionamento das fibras de vidro durante a fresagem, que pode interferir na resistência mecânica do pino. Além disso, o custo elevado do equipamento e a necessidade de treinamento específico para a equipe técnica ainda são obstáculos para ampla implementação clínica. Frente a isso, a técnica de reanatomização dos pinos pré-fabricados, por meio do reembasamento com resina composta, tem sido utilizada com sucesso em canais amplos e possui respaldo científico consolidado. No entanto, estudos apontam que esses pinos reanatomizados apresentam resistência adesiva inferior quando comparados aos pinos produzidos por fresagem CAD/CAM, o que pode afetar a durabilidade da cimentação em longo prazo.

Já em relação aos núcleos metálicos fundidos (NMFs), embora sejam uma técnica consagrada e amplamente utilizada, apresentam desvantagens importantes, como a não adesividade a estrutura dentária como os PFV associados aos cimentos resinosos, têm alto módulo de elasticidade o que contribui para maior concentração de tensões nas paredes radiculares, além de serem suscetíveis à corrosão e demandarem maior desgaste dentário. Adicionalmente, requerem múltiplas sessões clínicas e apresentam custo mais elevado. Ainda assim, os NMFs mantêm sua aplicabilidade em casos específicos, notadamente em situações com perda extensa da estrutura coronária e necessidade de personalização rígida do núcleo. Quanto à longevidade dos sistemas, destaca-se que o desempenho clínico dos pinos depende de múltiplos fatores, como profundidade e largura do canal radicular, técnica de cimentação adotada, tipo de cimento utilizado e qualidade do tratamento endodôntico prévio.

Dessa forma, conclui-se que a seleção do retentor intrarradicular ideal deve ser feita com base em uma avaliação criteriosa do caso clínico, considerando-se as condições estruturais do dente, as demandas estéticas e funcionais do paciente, bem como os recursos disponíveis. A decisão deve ser pautada não apenas nas propriedades intrínsecas dos materiais, mas também na técnica empregada e na experiência clínica do profissional, com o objetivo de oferecer ao paciente um tratamento duradouro, seguro e de elevada qualidade.

6. REFERÊNCIAS

- [1] Fartes OAC, Resende LM, Cilli R *et al.* Retention of provisional intraradicular retainers using fiberglass pins. *J Int Soc Prev Community Dent.* 2020; 10(5):666.
- [2] Khaledi AAR, Sheykhan S, Khodaei A. Evaluation of retention of two different cast post-core systems and fracture resistance of the restored teeth. *J Dent.* 2025 Jun; 16(2):121-8.
- [3] Farina AP, Cecchin D, Spazzin AO *et al.* Evaluation of resistance to displacement of metal posts with different lengths. *Indian J Dent Res.* 2022; 23(5):613-6.
- [4] Muniz L. Reabilitação estética dentes tratados endodonticamente: pinos de fibra e possibilidades clínicas conservadoras. Santos: [s.n.]; 2020.
- [5] Marchionatti AME, Valli V, Wandscher VF *et al.* Influence of elastic modulus of intraradicular posts on the fracture load of roots restored with full crowns. *Rev Odontol UNESP.* 2017 Aug; 46(4):232-7.
- [6] Juloski J, Apicella D, Ferrari M. The effect of ferrule height on stress distribution within a tooth restored with fibre posts and ceramic crown: a finite element analysis. *Dent Mater.* 2024 Dec; 30(12):1304-15.
- [7] Mamoun J. Post and core build-ups in crown and bridge abutments: biomechanical advantages and disadvantages. *J Adv Prosthodont.* 2017; 9(3):232.
- [8] Dejak B, Młotkowski A. The influence of ferrule effect and length of cast and FRC posts on the stresses in anterior teeth. *Dent Mater.* 2023 Sep; 29(9):227-37.
- [9] El-Ela OAA, Atta OA, El-Mowafy O. Fracture resistance of anterior teeth restored with a novel nonmetallic post. *J Can Dent Assoc.* 2023 Jun; 75(5):441-7.
- [10] Clavijo VGR, Monsano R, Calixto LF *et al.* Reabilitação de dentes tratados endodonticamente com pinos anatômicos indiretos de fibra de vidro. *Rev Dent Press Estét.* 2008 Apr-Jun; 5(2):31-49.
- [11] Andrioli ARV, Coutinho M, Vasconcellos AR *et al.* Relining effects on the push-out shear bond strength of glass fiber posts [Internet]. *Rev Odontol UNESP.* 2021 Aug 18; 45(4):227-33.
- [12] Reis GR. Avaliação de técnicas para confecção e cimentação de retentores intrarradiculares reforçados por fibra [tese de doutorado]. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia; 2019.
- [13] Freidheim AL. Confecção de pinos núcleos e a tecnologia CAD/CAM: uma revisão sistemática da literatura [trabalho de conclusão de curso]. Caxias do Sul: Universidade de Caxias do Sul; 2020.
- [14] Torcato LB, Pellizzer EP, Mendonça MR *et al.* Sistemas de retenção intrarradicular: considerações teóricas e comportamento biomecânico. *Rev Odontol Aracatuba.* 2022; 33(2):9-17.
- [15] Moro M, Agostinho AM, Matsumoto W. Núcleos metálicos fundidos x pinos pré-fabricados. *Rev Ibero-Am Prot Clin Lab.* 2020; 7(36):50-5.
- [16] Leal GS, Souza LTR, Dias YV *et al.* Características do pino de fibra de vidro e aplicações clínicas: uma revisão da literatura. *ID Online Rev Multidiscip Psicol.* 2018; 12(42):14-26.
- [17] Marques JN, Gonzalez CB, Silva EM *et al.* Análise comparativa da resistência de união de um cimento convencional e um cimento autoadesivo após diferentes tratamentos na superfície de pinos de fibra de vidro. *Rev Odontol UNESP.* 2021; 45(2):121-6.
- [18] Soares DNS, Sant'Ana LLP. Estudo comparativo entre pino de fibra de vidro e pino metálico fundido: uma

- revisão de literatura. ID Online Rev Multidiscip Psicol. 2018; 12(42):996-1005.
- [19] Silva JO, Ueda JK, Saad JRC *et al.* Resistência à tração de pinos de fibra de vidro intrarradiculares: efeito de diferentes agentes cimentantes. *Odontol Clin-Cient.* 2021; 10(4):381-5.
- [20] Pereira JR, Martins LCN, Paula VG *et al.* Análise de resistência à tração de pinos de fibra de vidro cimentados com diferentes cimentos de ionômero de vidro através do teste pull-out. *Rev Fac Odontol UPF.* 2022; 17(2):73-8.
- [21] Koay CG, 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.* 2023. DOI: 10.1016/j.prosdent.2023.08.022.
- [22] Alshetiwi DSD, Abdul Muttlib NA, El-Damanhoury HM, *et al.* Evaluation of mechanical properties of anatomically customized fiber posts using E-glass short fiber-reinforced composite to restore weakened endodontically treated premolars. *BMC Oral Health.* 2024; 24:323.
- [23] Galvão MNA, Brandt WC, Miranda ME *et al.* Resistência à compressão, flexão e tração diametral de cimentos resinosos em tempos diferentes de armazenamento. *J Oral Investig.* 2018;7(2).
- [24] Morais DC, Butler S, Santos MJMC. Current insights on fiber posts: a narrative review of laboratory and clinical studies. *Dent J.* 2023; 11(10):236.
- [25] Tsintsadze N, Margvelashvili-Malament M, Natto ZS, *et al.* Comparing survival rates of endodontically treated teeth restored either with glass-fiber-reinforced or metal posts: a systematic review and meta-analyses. *J Prosthet Dent.* 2022; 131(4):567-578.
- [26] Mokeem LS, Garcia IM, Melo MA. Degradation and failure phenomena at the dentin bonding interface. *Biomedicine.* 2023; 11(5):1256.
- [27] Naumann M, Sterzenbach G, Dietrich T *et al.* Dentin-like versus rigid endodontic post: 11-year randomized controlled pilot trial on no-wall to 2-wall defects. *J Endod.* 2017; 43(11):1770-5.
- [28] Dantas MCC. Avaliação das propriedades mecânicas e adesivas de pinos compósitos endodônticos submetidos a diferentes tratamentos superficiais [tese de doutorado]. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE; 2021.
- [29] Schmitter M, Hamadi K, Rammelsberg P. Survival of two post systems: five-year results of a randomized clinical trial. *Quintessence Int.* 2021; 42(10):843-50.
- [30] Sterzenbach G, Franke A, Naumann M. Rigid versus flexible dentine-like endodontic posts: clinical testing of a biomechanical concept. Seven-year results of a randomized controlled clinical pilot trial on endodontically treated abutment teeth with severe hard tissue loss. *J Endod.* 2022; 38(12):1557-63.
- [31] Minguini ME, Mantovani MB, Lolli LF *et al.* Estudo clínico de pinos intrarradiculares diretos e indiretos em região anterior. *Uninga Rev.* 2024; 20(1):35-40.
- [32] Baratieri LN, Monteiro Jr. S, Melo TS *et al.* Odontologia restauradora: fundamentos e possibilidades. São Paulo: Santos; 2021.
- [33] Balbosh A, Kern M. Effect of surface treatment on retention of glass-fiber endodontic posts. *J Prosthet Dent.* 2021; 95(3):218-23.
- [34] Goracci C, Fabianelli A, Sadek FT *et al.* The contribution of friction to the dislocation resistance of bonded fiber posts. *J Endod.* 2025 Aug; 31(8):608-12.
- [35] Grandini S, Sapio S, Simonetti M. Use of anatomic post and core for reconstructing an endodontically treated tooth: a case report. *J Adhes Dent.* 2023; 5(3):243-7.
- [36] Ozaki J. Projeto de pesquisa de resistência à tração de pinos pré-fabricados de fibra de vidro, cimentados com diferentes agentes de cimentação. *Uninga Rev.* 2022; 6(1):45-50.
- [37] O'Keefe KL, Miller BH, Powers JM. In vitro tensile bond strength of adhesive cements to new post materials. *Int J Prosthodont.* 2020 Jan-Feb; 13(1):47-51.
- [38] Fernandes DJ, Beck H. Vantagens dos pinos de fibra de vidro. *Rev Odontol UBC.* 2021 Jan-Jun; 6(1).
- [39] Al-Dabbagh RA, Sindi MA, Sanari MA, *et al.* Effect of a circumferential ferrule on the survival and success of endodontically treated teeth restored with fiber posts: a systematic review and meta-analysis. *J Prosthet Dent.* 2024; 132(6):1251-9.
- [40] Batista VES, Bitencourt SB, Bastos NA *et al.* Influence of the ferrule effect on the failure of fiber-reinforced composite post-and-core restorations: a systematic review and meta-analysis. *J Prosthet Dent.* 2020 Feb; 123(2):239-45.
- [41] Prado MAA, Kohl JCM, Nogueira RD *et al.* Retentores intrarradiculares: revisão da literatura. *J Health Sci.* 2024; 16(1):85-9.
- [42] Pereira JR, Neto TM, Porto VC *et al.* Influence of the remaining coronal structure on the resistance of teeth with intraradicular retainer [Internet]. *Braz Dent J.* 2005 Dec; 16(3):197-201.
- [43] Cardenas JEV. Análise da resistência e comportamento da fratura de pinos/núcleos customizados por CAD/CAM em dentes tratados endodonticamente com raízes fragilizadas [tese de doutorado]. São Paulo: Universidade de São Paulo; 2020.
- [44] Streacker AB, Kenyon B. A simplified technique for fabricating an acrylic resin cast dowel and core pattern. *J Prosthet Dent.* 2005; 94(4):404-5.
- [45] Leung GKH, Wong AWY, Chu C-H, *et al.* Update on dental luting materials. *Dent J.* 2022; 10(11):208. DOI: 10.3390/dj10110208.
- [46] Ghodsi S, Aghamohseni MM, Arzani S, *et al.* Cement selection criteria for different types of intracanal posts. *Dent Res J.* 2022; 19:51.
- [47] Faria-e-Silva AL, Pedrosa-Filho CF, Menezes MS, *et al.* Effect of relining on fiber post retention to root canal. *J Appl Oral Sci.* 2009; 17(6):600-4.
- [48] Soares AP, Bitter K, Lagrange A, *et al.* Gaps at the interface between dentine and self-adhesive resin cement in post-endodontic restorations quantified in 3D by phase contrast-enhanced micro-CT. *Int Endod J.* 2020; 53(3):392-402.
- [49] Tzolomitou P, Diamantopoulou S, Papazoglou E. Contemporary concepts of adhesive cementation of glass-fiber posts: a narrative review. *J Clin Med.* 2024; 13(12):3479. DOI: 10.3390/jcm13123479.
- [50] Oliveira MC, Fernandes LC, Fernandes Neto AJ *et al.* Estudo comparativo entre o cimento de fosfato de zinco e o cimento resinoso: revisão de literatura. *Rev Saude Multidiscip Fama.* 2017 Mar; 4:124-5.
- [51] Bernardo RT, Obici AC, Sinhoreti MAC. Efeito da ativação química ou dual na microdureza Knoop de cimentos resinosos. *Cienc Odontol Bras.* 2023; 11(4):80-5.