

PINO DE FIBRA CONDUTOR DE LUZ: TECNOLOGIA PARA TRANSMISSÃO DE LUZ E SUA INFLUÊNCIA NO GRAU DE CONVERSÃO E MICRODUREZA DE CIMENTOS RESINOSOS

**LIGHT-CONDUCTING FIBER POST: TECHNOLOGY FOR LIGHT
TRANSMISSION AND ITS INFLUENCE ON THE DEGREE OF CONVERSION
AND MICROHARDNESS OF RESIN CEMENTS**

Ciências da Saúde • 04/06/2026

REGISTRO DOI: [10.70773/revistatopicos/780549891](https://doi.org/10.70773/revistatopicos/780549891)

Camilla Rodrigues Peixoto¹

Leonardo Fernandes da Cunha²

John Fredy Ricardo Marroquin³

Jorlandio Francisco Felix⁴

RESUMO

A polimerização do cimento resinoso na cimentação de retentores intrarradiculares é prejudicada em regiões profundas devido ao distanciamento em relação à fonte de luz. Este estudo *in vitro* comparou pinos de fibra de vidro (PFV, comercial) e de fibra de quartzo (PFQ, experimental) quanto à transmissão de luz e capacidade de polimerização do cimento, avaliando o grau de conversão (GC) por espectroscopia Raman (n=7 por grupo) e a microdureza Vickers (MV) (n=5 por grupo) nos terços cervical, médio e apical. Os testes utilizaram uma matriz metálica fundida, planejada digitalmente, para simular o conduto radicular de forma padronizada. A fotoativação foi realizada por 60 s (1200 mW/cm²), e os dados foram analisados por ANOVA *two-way* e teste de Tukey ($\alpha=5\%$). Não houve diferença estatisticamente significativa no GC entre PFV (38%±18%) e PFQ (43%±20%), mas o GC diminuiu gradativamente do terço cervical para o apical (p=0,007). Os PFQ apresentaram maior MV (70,63 HV±3,88) em comparação aos PFV (63,61 HV±5,45) (p=0,0151). Conclui-se que a transmissão de luz decresce em direção ao ápice, reduzindo o GC e a MV nas regiões profundas. Além disso, a maior MV no grupo experimental sugere que outros fatores, como o grau de reticulação da rede polimérica, influenciam as propriedades mecânicas do cimento além do GC.

Palavras-chave: Pinos de fibra; Espectroscopia Raman; Dureza; Quartzo; Fotopolimerização; Cimento Resinoso.

ABSTRACT

The polymerization of resin cement during the cementation of intraradicular retainers is impaired in deep regions due to the distance from the light-curing source. This *in vitro* study compared fiberglass posts (FGP, commercial) and quartz fiber posts (QFP, experimental) regarding light transmission and cement

polymerization capacity, evaluating the degree of conversion (DC) by Raman spectroscopy (n=7 per group) and Vickers microhardness (VM) (n=5 per group) at the cervical, middle, and apical thirds. The tests utilized a digitally designed, cast metal matrix to simulate the root canal in a standardized manner. Photoactivation was performed for 60 s (1200 mW/cm²), and data were analyzed using two-way ANOVA and Tukey's test ($\alpha=5\%$). No statistically significant difference in DC was found between FGP (38%±18%) and QFP (43%±20%), but the DC gradually decreased from the cervical to the apical third ($p=0.007$). QFP exhibited higher VM (70.63 HV±3.88) compared to FGP (63.61 HV±5.45) ($p=0.0151$). It was concluded that light transmission decreases toward the apex, reducing DC and VM in deeper regions. Furthermore, the higher VM in the experimental group suggests that other factors, such as the degree of cross-linking of the formed polymer network, influence the mechanical properties of resin cements beyond the DC.

Keywords: Fiber posts; Raman spectroscopy; Hardness; Quartz; Light-curing; Resin cement.

1. INTRODUÇÃO

Os pinos de fibra de vidro (PFV) foram desenvolvidos para a reabilitação de dentes tratados endodonticamente com extensa perda de estrutura coronária, atuando como retentores intrarradiculares e permitindo a transmissão de luz para favorecer a polimerização do cimento resinoso ao longo de sua extensão (VIEIRA *et al.*, 2021; RADOVIC *et al.*, 2009). Esses pinos são constituídos por fibras unidirecionais incorporadas a uma matriz resinosa (RADOVIC *et al.*, 2009; HO *et al.*, 2011). Entretanto, a energia luminosa sofre redução ao longo do comprimento do pino (RADOVIC *et al.*, 2009; HO *et al.*, 2011), tornando a cimentação no

terço apical mais imprevisível devido à maior distância em relação à fonte fotoativadora (VIEIRA *et al.*, 2021; GORACCI *et al.*, 2008).

Embora os cimentos resinosos de dupla ativação sejam recomendados, a polimerização exclusivamente química pode não atingir grau de conversão adequado, mantendo a importância da transmissão luminosa através do pino (RADOVIC *et al.*, 2009). A polimerização incompleta pode comprometer a interface adesiva e resultar em falhas clínicas, como o descolamento do pino (RADOVIC *et al.*, 2009; HO *et al.*, 2011). A capacidade de transmissão luminosa varia de acordo com o tipo de fibra e é influenciada pela composição, arranjo estrutural e tratamentos de superfície (VIEIRA *et al.*, 2021; GORACCI *et al.*, 2008). Fatores como proporção fibra/matriz, orientação das fibras e qualidade da polimerização também influenciam as propriedades mecânicas e a longevidade clínica desses materiais.

Fibras dispostas longitudinalmente favorecem a condução da luz em direção à região apical, sendo descrito que os PFV apresentam melhor transmissão luminosa quando comparados aos pinos de fibra de carbono, enquanto fibras sílica-zircônia demonstram menor transmissão (PIERDONÁ *et al.*, 2023).

Nesse contexto, os pinos de fibra de quartzo (PFQ), compostos por sílica cristalina, têm sido propostos como alternativa para otimizar a transmissão luminosa e a polimerização (PARISI *et al.*, 2015; PIERDONÁ *et al.*, 2023). A transmissão de luz pode ser avaliada por métodos diretos ou indiretos. A espectroscopia Raman permite mensuração precisa do grau de conversão, enquanto ensaios de microdureza, particularmente a microdureza Vickers, são

amplamente utilizados para avaliar propriedades mecânicas relacionadas à polimerização.

Dessa forma, o presente estudo investigou a influência do tipo de pino (PFV ou PFQ) e da região anatômica (terços cervical, médio e apical) sobre o grau de conversão (GC) e a microdureza Vickers (MV) do cimento resinoso. As hipóteses nulas testadas foram: (1) o tipo de pino não influenciaria significativamente os desfechos avaliados; e (2) a região analisada não influenciaria significativamente os resultados.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo piloto *in vitro* avaliou o grau de conversão (GC) por meio de espectroscopia Raman e a microdureza Vickers (MV), com enfoque no cimento resinoso utilizado para a cimentação de pinos de fibra de vidro (PFV) e pinos de fibra de quartzo (PFQ). As análises foram realizadas, respectivamente, no Laboratório de Microscopia Óptica do Instituto de Física da Universidade de Brasília (IF/UnB) e no Laboratório de Engenharia Mecânica (SG-09/UnB), ambos localizados no campus Darcy Ribeiro da Universidade de Brasília, Brasília, Distrito Federal, Brasil.

O grupo comercial foi composto por pinos Exacto de fibra de vidro (Angelus, Londrina, PR, Brasil). O grupo experimental foi constituído por pinos patenteados de fibra de quartzo (Angelus, Londrina, PR, Brasil), desenvolvidos com a mesma morfologia externa e matriz resinosa semelhante à dos PFV. Entretanto, esses pinos apresentavam incorporação adicional de fibras de quartzo e modificações em seu arranjo interno. A proporção entre fibras de vidro e fibras de quartzo não foi informada pelo fabricante.

Com o objetivo de padronizar a espessura do cimento resinoso e garantir a reprodutibilidade experimental, foi desenvolvida uma matriz digital (Trion 3D, Planning Center, Brasília, DF, Brasil), baseada no escaneamento prévio de um pino experimental. Posteriormente, o dispositivo foi fundido em liga de níquel-cromo (Planning Prótese Lab, Brasília, DF, Brasil), permitindo o bloqueio da transmissão lateral de luz e restringindo sua propagação exclusivamente ao interior do pino.

A matriz apresentava altura total de 12 mm, canal interno com 3 mm de diâmetro e divisões elevadas delimitando os terços cervical, médio e apical, com 3 mm de extensão cada.

O cimento resinoso dual Allcem (FGM, Joinville, SC, Brasil) foi manipulado imediatamente antes de cada ensaio, com a finalidade de minimizar possíveis interferências relacionadas ao processo de polimerização química. Antes da cimentação, os pinos e a matriz foram submetidos à limpeza prévia com álcool a 70%.

A fotoativação foi realizada utilizando um aparelho fotopolimerizador Quazar (FGM, Joinville, SC, Brasil), posicionado perpendicularmente ao eixo longitudinal do pino, empregando irradiância de 1200 mW/cm² durante 60 segundos.

O protocolo de fotoativação adotado foi baseado em estudo prévio que demonstrou que irradiância de 1000 mW/cm² aplicada durante 40 segundos foi insuficiente para promover polimerização adequada no terço apical (HO *et al.*, 2011). A potência emitida pelo aparelho foi verificada previamente à confecção de cada nova amostra por meio de radiômetro integrado.

O número inicial de amostras foi definido com base em metodologias semelhantes previamente descritas na literatura (HO *et al.*, 2011; GORACCI *et al.*, 2008; PEDREIRA *et al.*, 2009).

2.1. Grau de Conversão (Gc)

Após a polimerização, as duas metades da matriz foram separadas para exposição da superfície do cimento resinoso. As amostras (n = 7 por grupo) foram analisadas utilizando espectroscopia Raman por meio do equipamento LabRAM HR Evolution (Horiba, Kyoto, Japão), equipado com microscópio confocal e laser calibrado em comprimento de onda de 785 nm. A utilização desse comprimento de onda foi selecionada para evitar ativação adicional do cimento resinoso, considerando que a faixa de absorção dos fotoiniciadores presentes no material encontra-se entre 400 e 500 nm (BRAGA *et al.*, 2024).

Para cada pino, foram realizadas duas leituras em cada terço anatômico (cervical, médio e apical), totalizando seis mensurações por amostra. Todas as análises foram conduzidas em ambiente escuro, visando minimizar possíveis interferências luminosas e reduzir efeitos relacionados à incidência do laser durante a aquisição espectral.

Os espectros obtidos apresentaram dois picos principais: 1611 cm^{-1} , correspondente ao pico aromático, e 1640 cm^{-1} , correspondente ao pico alifático. O processamento espectral foi realizado utilizando o software Origin (OriginLab, Northampton, MA, Estados Unidos), incluindo correção de linha de base, cálculo da área integrada e normalização dos espectros, permitindo a separação dos picos de interesse e a comparação quantitativa entre as amostras.

Posteriormente, foi aplicada técnica de deconvolução espectral por meio do software PeakFit (Systat Software Inc., San Jose, CA, Estados Unidos), permitindo a separação de espectros sobrepostos e a obtenção individual das áreas correspondentes aos picos analisados.

$$GC(\%) = \left[1 - \frac{\left(\frac{1640}{1611}\right)_{após}}{\left(\frac{1640}{1611}\right)_{antes}} \right] \times 100$$

As áreas obtidas foram utilizadas para o cálculo do grau de conversão (GC, %), conforme metodologia previamente descrita na literatura (HO *et al.*, 2011; FARIA-E-SILVA *et al.*, 2007), utilizando a seguinte equação:

2.2. Microdureza Vickers (Mv)

Para o ensaio de microdureza Vickers (MV), as amostras (n = 5 por grupo) seguiram o mesmo protocolo de preparo descrito anteriormente. Com a finalidade de proporcionar estabilidade durante as análises e melhorar a qualidade das indentações, a superfície do cimento resinoso foi submetida ao aplainamento utilizando politriz de velocidade variável (Teclago, Vargem Grande Paulista, SP, Brasil) associada a lixa de carbetto de silício granulação 1200 sob irrigação contínua, até obtenção de superfície plana e homogênea.

Posteriormente, as amostras foram analisadas em microdurômetro DuraScan 20 G5 (EMCO Test, Hallein, Áustria). Utilizando objetiva de aumento de 40×, foram selecionadas três áreas de leitura em cada terço anatômico avaliado (cervical, médio e apical). As indentações foram realizadas automaticamente utilizando carga de 0,1 kgf aplicada durante 15 segundos. Cada amostra recebeu três

indentações por terço, totalizando nove medidas de microdureza Vickers por espécime.

Após cada indentação, o software do equipamento realizou automaticamente a mensuração das diagonais da impressão gerada, calculou o valor de microdureza Vickers correspondente e exibiu o resultado juntamente com a imagem da marca de indentação.

3. RESULTADOS

Os valores obtidos para grau de conversão (GC) e microdureza Vickers (MV) foram submetidos à análise estatística por meio de análise de variância bifatorial (ANOVA two-way), seguida pelo teste post hoc de Tukey, adotando-se nível de significância de 5%.

Com a finalidade de reduzir a influência de valores discrepantes e aumentar a representatividade das médias obtidas em cada terço avaliado, o menor valor individual de cada amostra foi excluído previamente em ambas as análises.

Em relação ao grau de conversão, a ANOVA demonstrou diferença estatisticamente significativa entre as regiões anatômicas avaliadas ($F = 5,63$; $p = 0,007$). Observou-se tendência de redução progressiva dos valores de GC do terço cervical em direção ao terço apical, sendo os maiores valores encontrados na região cervical, seguidos pelo terço médio e, posteriormente, pelo terço apical.

Não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os grupos PFV e PFQ ($F = 1,00$; $p = 0,324$), assim como não foi identificada interação significativa entre o grupo experimental e a região anatômica analisada ($F = 0,096$; $p = 0,909$). O teste de Tukey

confirmou ausência de diferenças nas comparações pareadas ($p > 0,05$), indicando que a variação observada no grau de conversão esteve predominantemente associada à região anatômica do pino.

Adicionalmente, foi realizada análise de componentes principais (Principal Component Analysis – PCA) dos espectros Raman com o objetivo de investigar padrões espectrais e visualizar possíveis variações entre as amostras (SHLENS, 2014).

A análise por PCA demonstrou separação entre os terços cervical, médio e apical, explicando mais de 90% da variabilidade total dos dados, o que reforça os resultados previamente observados pela ANOVA. Não foi observada separação evidente entre os grupos dentro de um mesmo terço anatômico, corroborando a ausência de diferenças estatisticamente significativas entre PFV e PFQ.

Em relação à microdureza Vickers, a ANOVA revelou diferença estatisticamente significativa entre os grupos avaliados ($F = 6,16$; $p = 0,0151$), sendo observados maiores valores médios para o grupo PFQ. Entretanto, não foram identificadas diferenças significativas entre as regiões anatômicas analisadas ($F = 0,39$; $p = 0,6786$), tampouco interação significativa entre grupo e região ($F = 0,19$; $p = 0,8243$).

4. DISCUSSÃO

A reabilitação de dentes tratados endodonticamente com extensa perda de estrutura coronária frequentemente requer a utilização de retentores intrarradiculares capazes de proporcionar retenção e estabilidade adequadas às restaurações indiretas (RADOVIC *et al.*, 2009; PARISI *et al.*, 2015; JUREMA *et al.*, 2022; GORACCI *et al.* 2008; FERRARI, 2011). Entre os sistemas atualmente disponíveis, os pinos reforçados por fibras, especialmente os pinos de fibra de vidro (PFV)

e os pinos de fibra de quartzo (PFQ), têm sido amplamente empregados devido ao seu comportamento biomecânico favorável e aos resultados estéticos superiores quando comparados aos pinos metálicos (HO *et al.*, 2011; PIERDONÁ *et al.*, 2023; PRADO *et al.*, 2015; SHARMA *et al.*, 2016).

No presente estudo, observou-se redução significativa do grau de conversão (GC) do cimento resinoso do terço cervical em direção ao terço apical. Esse achado está de acordo com estudos prévios que relataram menor eficiência de polimerização em regiões mais profundas do canal radicular, fenômeno atribuído principalmente à atenuação da intensidade luminosa ao longo do pino e ao aumento da distância entre a região analisada e a fonte fotoativadora (VIEIRA *et al.*, 2021; PIERDONÁ *et al.*, 2023; BAHARI *et al.*, 2014; HARALUR *et al.*, 2022).

Dessa forma, a posição anatômica dentro do canal radicular demonstrou influência direta sobre a polimerização do cimento resinoso. Tal comportamento reforça a relevância clínica da distribuição da energia luminosa durante procedimentos de cimentação intrarradicular, sobretudo em regiões mais profundas, nas quais a redução da irradiância pode comprometer a qualidade da polimerização.

Por outro lado, não foram observadas diferenças significativas entre PFV e PFQ em relação ao grau de conversão. Embora estudos anteriores tenham demonstrado maior transmitância luminosa dos PFQ em decorrência da organização estrutural das fibras de quartzo e da maior pureza da sílica (PARISI *et al.*, 2015; PIERDONÁ *et al.*, 2023), os resultados encontrados sugerem que essa característica isoladamente não foi suficiente para promover diferenças

mensuráveis no grau de conversão do cimento resinoso nas condições experimentais adotadas.

Em relação à microdureza Vickers (MV), observou-se desempenho superior dos PFQ quando comparados aos PFV. A microdureza é frequentemente utilizada como indicador indireto da qualidade de polimerização, estando relacionada à resistência mecânica, estabilidade estrutural e desempenho do material após a cura (ORTIZ-MAGDALENO *et al.*, 2023; AUNG *et al.*, 2021).

Entretanto, materiais que apresentam valores semelhantes de grau de conversão podem exibir diferentes níveis de microdureza, sugerindo que fatores adicionais associados à organização estrutural da rede polimérica também influenciam suas propriedades mecânicas (SIROVICA *et al.*, 2020; AL-ZAIN *et al.*, 2018; SOH; YAP, 2004; BARSZCZEWSKA-RYBAREK, 2019).

Estudos prévios demonstraram que polímeros baseados em dimetacrilatos podem apresentar microestruturas heterogêneas, contendo regiões altamente reticuladas capazes de formar microgéis e aumentar a resistência à deformação, mesmo em situações nas quais o grau de conversão apresenta valores semelhantes (SIROVICA *et al.*, 2020; AL-ZAIN *et al.*, 2018; SOH; YAP, 2004; BARSZCZEWSKA-RYBAREK, 2019).

Nesse contexto, a maior microdureza observada no grupo PFQ pode estar relacionada à organização da rede polimérica formada no cimento resinoso ou à interação entre o substrato inorgânico das fibras e a matriz resinosa.

Além disso, características estruturais específicas das fibras de quartzo, como maior pureza e potencialmente maior transmissão

luminosa, podem favorecer a formação de uma matriz polimérica mais homogênea ao redor do pino (GORACCI *et al.*, 2008; PARISI *et al.*, 2015; PIERDONÁ *et al.*, 2023; HARALUR *et al.*, 2022). Esses fatores podem contribuir para aumento da resistência mecânica do cimento resinoso, mesmo na ausência de diferenças estatisticamente significativas no grau de conversão.

Entre as limitações deste estudo destacam-se sua natureza *in vitro*, a qual não reproduz integralmente as condições clínicas reais, incluindo variações anatômicas do canal radicular, presença de umidade e processos de envelhecimento dos materiais. Adicionalmente, o reduzido tamanho amostral pode limitar a extrapolação direta dos resultados.

Dessa forma, estudos futuros devem investigar o comportamento desses sistemas em condições clínicas mais próximas da realidade, bem como avaliar parâmetros mecânicos adicionais relacionados à durabilidade e ao desempenho da cimentação intrarradicular ao longo do tempo.

Os achados do presente estudo contribuem para melhor compreensão dos fatores que influenciam a qualidade da cimentação de pinos reforçados por fibras e indicam que, além do grau de conversão, características estruturais da rede polimérica e a interação entre o pino e o cimento resinoso podem desempenhar papel relevante no comportamento mecânico do sistema restaurador.

5. CONCLUSÃO

Dentro das limitações deste estudo *in vitro*, foi possível concluir que a posição anatômica no interior do canal radicular influenciou

significativamente o grau de conversão do cimento resinoso, sendo observados maiores valores no terço cervical e redução progressiva em direção ao terço apical.

O tipo de fibra constituinte do pino (PFV ou PFQ) não influenciou significativamente o grau de conversão do cimento resinoso. Entretanto, os pinos de fibra de quartzo apresentaram maiores valores de microdureza Vickers do cimento resinoso quando comparados aos pinos de fibra de vidro, sugerindo possível influência da estrutura do pino na organização da rede polimérica e nas propriedades mecânicas do material.

Esses resultados indicam que, embora o tipo de fibra não tenha impactado diretamente a conversão de monômeros, os PFQ podem favorecer melhores propriedades mecânicas do cimento resinoso utilizado na cimentação intrarradicular.

FINANCIAMENTO

Este estudo recebeu apoio financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), por meio de bolsa concedida durante a execução da pesquisa.

CONFLITO DE INTERESSES

Os autores declaram não possuir conflitos de interesse.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AL-ZAIN, A. O.; ECKERT, G. J.; LUKIC, H.; MEGREMIS, S. J.; PLATT, J. A. Degree of conversion and cross-link density within a resin-matrix

composite. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials*, v. 106, n. 4, p. 1496–1504, 2018. DOI: 10.1002/jbm.b.33972.

AUNG, S. Z.; TAKAGAKI, T.; IKEDA, M.; NOZAKI, K.; BURROW, M. F.; ABDOU, A. et al. The effect of different light curing units on Vickers microhardness and degree of conversion of flowable resin composites. *Dental Materials Journal*, v. 40, n. 1, p. 44–51, 2021. DOI: 10.4012/dmj.2019-353.

BAHARI, M.; OSKOEI, S. S.; KIMYAI, S.; MOHAMMADI, N.; KHOSROSHAHI, E. S. Effect of light intensity on the degree of conversion of dual-cured resin cement at different depths with the use of translucent fiber posts. *Journal of Dental Research, Dental Clinics, Dental Prospects*, v. 11, n. 3, p. 248–255, 2014. DOI: 10.5681/joddd.2014.044.

BARSZCZEWSKA-RYBAREK, I. M. A guide through the dental dimethacrylate polymer network structural characterization and interpretation of physico-mechanical properties. *Materials*, v. 12, n. 24, p. 4057, 2019. DOI: 10.3390/ma12244057.

BINMAHFOOZ, A. M.; QUTUB, O. A.; MARGHALANI, T. Y.; AYAD, M. F.; MAGHRABI, A. A. Degree of conversion of resin cement with varying methacrylate compositions used to cement fiber dowels: a Raman spectroscopy study. *Journal of Prosthetic Dentistry*, v. 119, n. 6, p. 1014–1020, 2018. DOI: 10.1016/j.prosdent.2017.09.002.

BRAGA, S. S. L.; PRICE, R. B.; JUCKES, S. M.; SULLIVAN, B.; SOARES, C. J. Effect of the violet light from polywave light-polymerizing units on two resin cements that use different photoinitiators. *Journal of Prosthetic Dentistry*, v. 131, n. 4, p. 744–751, 2024. DOI: 10.1016/j.prosdent.2022.02.017.

CHIERUZZI, M.; PAGANO, S.; PENNACCHI, M.; LOMBARDO, G.; D'ERRICO, P.; KENNY, J. M. Compressive and flexural behaviour of fibre reinforced endodontic posts. *Journal of Dentistry*, v. 40, n. 11, p. 968–978, 2012. DOI: 10.1016/j.jdent.2012.08.003.

DE SANTIS, R.; RUSSO, T.; GLORIA, A. An analysis on the potential of diode-pumped solid-state lasers for dental materials. *Materials Science and Engineering C: Materials for Biological Applications*, v. 92, p. 862–867, 2018. DOI: 10.1016/j.msec.2018.07.051.

FAN, J.; LU, J.; SHA, Z.; ZUO, W.; FEI, X.; ZHU, M. Conformally anchoring nanocatalyst onto quartz fibers enables versatile microreactor platforms for continuous-flow catalysis. *Science China Chemistry*, v. 64, n. 9, p. 1596–1604, 2021. DOI: 10.1007/s11426-021-1101-4.

FARIA-E-SILVA, A. L.; ARIAS, V. G.; SOARES, L. E.; MARTIN, A. A.; MARTINS, L. R. Influence of fiber-post translucency on the degree of conversion of a dual-cured resin cement. *Journal of Endodontics*, v. 33, n. 3, p. 303–305, 2007.

GAUTHIER, M. A.; STANGEL, I.; ELLIS, T. H.; ZHU, X. X. A new method for quantifying the intensity of the C=C band of dimethacrylate dental monomers in their FTIR and Raman spectra. *Biomaterials*, v. 26, n. 29, p. 6440–6448, 2005. DOI: 10.1016/j.biomaterials.2005.04.054.

GORACCI, C.; CORCIOLANI, G.; VICHI, A.; FERRARI, M. Light-transmitting ability of marketed fiber posts. *Journal of Dental Research*, v. 87, n. 12, p. 1122–1126, 2008. DOI: 10.1177/154405910808701208.

GORACCI, C.; FERRARI, M. Current perspectives on post systems: a literature review. *Australian Dental Journal*, v. 56, suppl. 1, p. 77–83, 2011.

DOI: 10.1111/j.1834-7819.2010.01298.x.

HARALUR, S. B.; ALASMARI, T. A.; ALASMARI, M. H.; HAKAMI, H. M. Light transmission of various aesthetic posts at different depths and its effect on push-out bond strength and microhardness of luting cement. *Medicina*, v. 58, n. 1, p. 75, 2022. DOI: 10.3390/medicina58010075.

HO, Y. C.; LAI, Y. L.; CHOU, I. C.; YANG, S. F.; LEE, S. Y. Effects of light attenuation by fibre posts on polymerization of a dual-cured resin cement and microleakage of post-restored teeth. *Journal of Dentistry*, v. 39, n. 4, p. 309–315, 2011. DOI: 10.1016/j.jdent.2011.01.009.

JUREMA, A. L. B.; FILGUEIRAS, A. T.; SANTOS, K. A.; BRESCIANI, E.; CANEPPELE, T. M. F. Effect of intraradicular fiber post on the fracture resistance of endodontically treated and restored anterior teeth: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Prosthetic Dentistry*, v. 128, n. 1, p. 13–24, 2022. DOI: 10.1016/j.prosdent.2020.12.013.

LOPEZ-PÍRIZ, R. et al. Current state-of-the-art and future perspectives of the three main modern implant-dentistry concerns: aesthetic requirements, mechanical properties, and peri-implantitis prevention. *Journal of Biomedical Materials Research Part A*, v. 107, n. 7, p. 1466–1475, 2019. DOI: 10.1002/jbm.a.36661.

MALETIN, A. et al. Influence of dimethacrylate monomer on the polymerization efficacy of resin-based dental cements: FTIR analysis. *Polymers*, v. 14, n. 2, p. 247, 2022. DOI: 10.3390/polym14020247.

MINOZZI, S.; PANETTA, D.; DE SANCTIS, M.; GIUFFRÀ, V. A dental prosthesis from the Early Modern Age in Tuscany (Italy). *Clinical*

Implant Dentistry and Related Research, v. 19, n. 2, p. 365–371, 2017. DOI: 10.1111/cid.12460.

MINOZZI, S.; PANETTA, D.; DE SANCTIS, M.; GIUFFRA, V. A dental prosthesis from the Early Modern Age in Tuscany (Italy). *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, v. 19, n. 2, p. 365–371, 2017. DOI: 10.1111/cid.12460.

ORTIZ-MAGDALENO, M.; BOGARIN-TOPETE, E. R.; CERDA-CRISTERNA, B. I.; GUTIÉRREZ-SÁNCHEZ, M. Effect of degree of conversion on the surface properties of polymerized resin cements used for luting glass fiber posts. *Journal of Prosthetic Dentistry*, v. 130, n. 2, p. 256.e1–256.e12, 2023. DOI: 10.1016/j.prosdent.2023.05.009.

PAR, M.; GAMULIN, O.; SPANOVIC, N.; BJELOVUCIC, R.; TARLE, Z. The effect of excitation laser power in Raman spectroscopic measurements of the degree of conversion of resin composites. *Dental Materials*, v. 35, n. 9, p. 1227–1237, 2019. DOI: 10.1016/j.dental.2019.05.018.

PARISI, C.; VALANDRO, L. F.; CIOCCA, L.; GATTO, M. R. A.; BALDISSARA, P. Clinical outcomes and success rates of quartz fiber post restorations: a retrospective study. *Journal of Prosthetic Dentistry*, v. 114, n. 3, p. 367–372, 2015. DOI: 10.1016/j.prosdent.2015.03.011.

PEDREIRA, A. P.; PEGORARO, L. F.; GOES, M. F.; PEGORARO, T. A.; CARVALHO, R. M. Microhardness of resin cements in the intraradicular environment: effects of water storage and softening treatment. *Dental Materials*, v. 25, n. 7, p. 868–876, 2009. DOI: 10.1016/j.dental.2009.01.096.

PIERDONÁ, J.; REZENDE, L. V. M. L.; MADALENA, I. R.; BARATTO-FILHO, F.; CUNHA, L. F. The luminous transmittance of quartz-glass fiber posts is superior to glass fiber posts. *Acta Odontológica Latinoamericana*, v. 36, n. 2, p. 105–111, 2023.

PRADO, M. A. A.; KOHL, J. C. M.; NOGUEIRA, R. D.; GERALDO-MARTINS, V. R. Intraradicular retainers: literature review. *Journal of Health Sciences*, v. 16, n. 1, 2015.

PULIDO, C. A.; FRANCO, A. P. G. O.; GOMES, G. M.; BITTENCOURT, B. F.; KALINOWSKI, H. J.; GOMES, J. C. et al. An in situ evaluation of the polymerization shrinkage, degree of conversion, and bond strength of resin cements used for luting fiber posts. *Journal of Prosthetic Dentistry*, v. 116, n. 4, p. 570–576, 2016. DOI: 10.1016/j.prosdent.2016.02.019.

PULIDO, C.; GOMES, O. M.; LOGUERCIO, A. D.; GOMES, G. M.; BITTENCOURT, B. F.; REIS, A. et al. How the translucency of direct anatomic fiber posts affects the bond strength and microhardness of a self-adhesive luting agent in flared roots. *Clinical Oral Investigations*, v. 26, p. 4447–4456, 2022. DOI: 10.1007/s00784-022-04408-x.

RAMOS, M. B.; PEGORARO, T. A.; PEGORARO, L. F.; CARVALHO, R. M. Effects of curing protocol and storage time on the microhardness of resin cements used to lute fiber-reinforced resin posts. *Journal of Applied Oral Science*, v. 20, n. 5, p. 556–562, 2012. DOI: 10.1590/S1678-77572012000500011.

REZENDE, E. C.; GOMES, G. M.; SZESZ, A. L.; BUENO, C. E. S.; REIS, A.; LOGUERCIO, A. D. Effects of dentin moisture on cementation of fiber

posts to root canals. *Journal of Adhesive Dentistry*, v. 18, n. 1, p. 29–34, 2016. DOI: 10.3290/j.jad.a35516.

SECRETARIA DA EDUCAÇÃO DO ESTADO DO CEARÁ. *Fabricação mecânica: ensaios mecânicos e não destrutivos*. Ceará: SEDUC, 2012. Disponível em: <https://www.seduc.ce.gov.br>. Acesso em: 27 fev. 2025.

SHARMA, S.; NAGPAL, A.; KUMAR, S.; SHARMA, A.; KUMAR, R.; KUMAR, V. et al. Comparative evaluation of fracture resistance of glass fiber reinforced, carbon, and quartz post in endodontically treated teeth: an in vitro study. *Journal of International Society of Preventive and Community Dentistry*, v. 6, n. 4, p. 373–376, 2016. DOI: 10.4103/2231-0762.186793.

SHIRATORI, F. K.; VALLE, A. L.; PEGORARO, T. A.; CARVALHO, R. M.; PEREIRA, J. R. Influence of technique and manipulation on self-adhesive resin cements used to cement intraradicular posts. *Journal of Prosthetic Dentistry*, v. 110, n. 1, p. 56–60, 2013. DOI: 10.1016/S0022-3913(13)60341-8.

SHLENS, J. A tutorial on principal component analysis. arXiv, 2014. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/1404.1100>. Acesso em: 27 maio 2026.

SIROVICA, S. et al. Origin of micro-scale heterogeneity in polymerisation of photo-activated resin composites. *Nature Communications*, v. 11, p. 1849, 2020. DOI: 10.1038/s41467-020-15667-3.

SOH, M. S.; YAP, A. U. Influence of curing modes on crosslink density in polymer structures. *Journal of Dentistry*, v. 32, n. 4, p. 321–326, 2004. DOI: 10.1016/j.jdent.2004.01.004.

STYLIANOU, A.; BURGESS, J. O.; LIU, P. R.; GIVAN, D. A.; LAWSON, N. C. Light-transmitting fiber optic posts: an in vitro evaluation. *Journal of Prosthetic Dentistry*, v. 117, n. 1, p. 116–123, 2017. DOI: 10.1016/j.prosdent.2016.06.020.

VIEIRA, C.; BACHMANN, L.; CHAVES, C. A. L.; SILVA-SOUSA, Y. T. C.; SILVA, S. R.; ALFREDO, E. Light transmission and bond strength of glass fiber posts submitted to different surface treatments. *Journal of Prosthetic Dentistry*, v. 125, n. 4, p. 674.e1–674.e7, 2021. DOI: 10.1016/j.prosdent.2020.11.031.

WANG, J.; CHEN, H.; LIU, H.; WANG, R.; QIN, Z.; ZHU, M. Surface modifications of short quartz fibers and their influence on the physicochemical properties and *in vitro* cell viability of dental composites. *Dental Materials*, v. 40, n. 8, p. e1–e10, 2024. DOI: 10.1016/j.dental.2024.05.023.

¹ Departamento de Odontologia, Universidade de Brasília (UnB),
Brasília, DF, Brasil.

² Departamento de Odontologia, Universidade de Brasília (UnB),
Brasília, DF, Brasil.

³ Instituto de Física, Laboratório de Instrumentação e Sistemas Integrados (LabINS), Universidade de Brasília (UnB), Brasília, DF, Brasil.

⁴ Instituto de Física, Laboratório de Instrumentação e Sistemas Integrados (LabINS), Universidade de Brasília (UnB), Brasília, DF, Brasil.

