



Análise morfológica e quantitativa das fibras de vidro de pinos pré-fabricados e pinos fresados pela técnica CAD/CAM

Palavras-Chave: Fibra de vidro, Tecnologia CAD/CAM, Resina.

Autores(as):

Mateus da Silva Ponce, FOP-UNICAMP

Me. Leticia Tank Oliveira (Coorientadora), FOP-UNICAMP

M.Sc. Leandro Cardoso, FORP-USP

Prof. Dra. Camila Tirapelli, FORP-USP

Prof. Dr. Caio Randi Ferraz, FOP-UNICAMP

Prof. Dr. José Flavio Affonso de Almeida (Orientador), FOP-UNICAMP

INTRODUÇÃO:

Dentes tratados endodonticamente costumam apresentar extensa perda coronária, o que compromete sua resistência mecânica (Heydecke et al., 2001). Nessas situações, os pinos intrarradiculares são indicados para reabilitação, sendo os de fibra de vidro uma opção vantajosa por reduzirem o risco de fratura dentária (Campos et al., 2024). Os pinos pré-fabricados de fibra de vidro são amplamente utilizados por suas propriedades mecânicas, aplicação imediata e estética favorável (Goracci & Ferrari, 2011). A anatomização com resina composta melhora a adaptação ao canal radicular, diminui a espessura do cimento e reduz falhas como contração de polimerização, fraturas e deslocamentos (Grandini et al., 2005).

Outra abordagem promissora envolve os pinos de fibra de vidro confeccionados por tecnologia CAD/CAM (Libonati et al., 2020). A sigla CAD/CAM (Computer-Aided Design/Computer-Aided Manufacturing) refere-se à tecnologia que integra escaneamento digital e usinagem para o planejamento e fabricação de peças por meio de sistemas computadorizados. O CAD (desenho assistido por computador) permite a digitalização tridimensional da anatomia do canal radicular, enquanto o CAM (fabricação assistida por computador) realiza a usinagem do pino a partir de um bloco único de material (Li et al., 2015). Essa tecnologia permite personalização da forma interna do preparo do canal e conseqüentemente, adaptação desses pinos (Moustapha et al., 2019; Ming et al., 2023).

Além disso, propriedades como resistência à fratura e resistência de união mostraram-se estatisticamente semelhantes entre os pinos CAD/CAM e os pinos convencionais (Campos et al., 2024). Testes de resistência à fratura e de adesão (como o push-out) têm sido amplamente utilizados para avaliar o desempenho desses retentores (Bankoğlu Güngör et al., 2017; Pang et al., 2018). Características como integridade estrutural, dimensão e distribuição das fibras, além da interface fibra/matriz, influenciam diretamente o comportamento mecânico dos pinos (de Oliveira Franco et al., 2015; Ruschel et al., 2018).

Embora existam estudos que avaliem a morfologia e a quantidade de fibras em pinos pré-fabricados (Mazzocato et al., 2006), há escassez de estudos voltados à análise estrutural dos pinos confeccionados por usinagem. Além disso, em estudos prévios realizados por nosso grupo de pesquisa, observou-se, por meio de imagens de microscopia eletrônica de varredura, uma alteração no sentido das fibras de vidro em pinos fresados. Diante disso, torna-se essencial avaliar a estrutura interna dos pinos de fibra de vidro, incluindo a qualidade, quantidade e orientação das fibras, bem como sua interação com a matriz polimérica. Os resultados obtidos neste trabalho poderão contribuir para a compreensão do desempenho mecânico dos pinos fresados, assim como para a avaliação da qualidade dos materiais utilizados na confecção de pinos por tecnologia CAD/CAM.

METODOLOGIA:

Foram selecionados 3 tipos de pinos de fibra de vidro (PFV) (n = 5 para cada grupo): pré-fabricado Exacto N°2 (EX), pré-fabricado Whitepost DC (DC) e pino fresado pela tecnologia CAD/CAM Fiber CAD Post and Core (PF). Para a confecção dos pinos fresados, as dimensões do pino pré-fabricado Exacto N°2 foram obtidas com auxílio de um paquímetro digital, e, a partir dessas medidas, foi elaborado um modelo tridimensional no software inLab CAD SW (Sirona Dental Systems LLC, Charlotte, NC, EUA).

Os dispositivos para inclusão do cimento resinoso e do pino de fibra de vidro foram criados utilizando microtubos de 1,5ml, resina acrílica ativada quimicamente. Antes da resina acrílica tomar presa, o PFV foi colocado verticalmente no centro do conjunto com o auxílio de um delineador b2 paralelômetro (Bio-Art). Os dispositivos com os pinos foram cortados com um disco diamantado em uma cortadeira de precisão (Isomet 1000; Buehler Co) em 1 fatia (1,5mm) por terço, somando assim um total de 3 fatias por pino. Além disso, cada fatia foi polida com uma lixa d'água de granulação 600.

As fatias foram dispostas em stubs metálicos com fitas de condutividade, cobertos com uma camada de ouro-paládio no metalizador (Bal-Tec SCD050 Sputter Coater, São Paulo, Brasil) e observados em Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) (Jeol, JSM 5600LV – Scanning Electron Microscope, Japão) nos aumentos de 50x e 300x. As imagens de MEV foram obtidas dos 3 terços de cada amostra (cervical, mesial e apical). Para cada fatia, foram realizadas 12 imagens, sendo 3 para cada quadrante do pino, como mostrado na Figura 1. Foram avaliadas 36 imagens de cada pino, totalizando 540 imagens para avaliação de quantidade de fibras e área de resina.

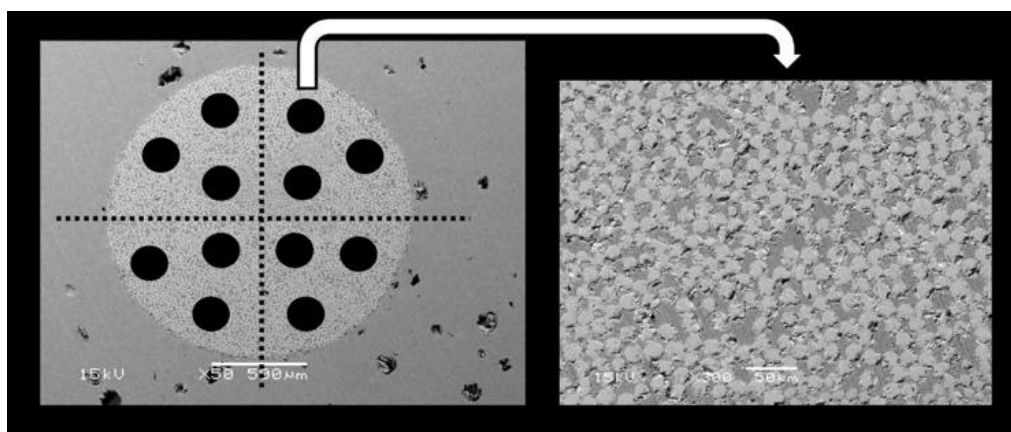


Figura 1: Representação da escolha dos locais para a realização das imagens de MEV representados por círculos pretos. Após a determinação do local, imagens em 300x foram realizadas.

As imagens obtidas foram avaliadas pelo software ImageJ versão 1.53t (National Institutes of Health, EUA) para obtenção da porcentagem de área de resina presente em cada amostra em relação a área da fibra de vidro. Além disso, foi utilizado o aplicativo Count Things, o qual apresenta um filtro de contagem de moedas que auxiliou na quantificação das fibras de vidros como representado na Figura 2.

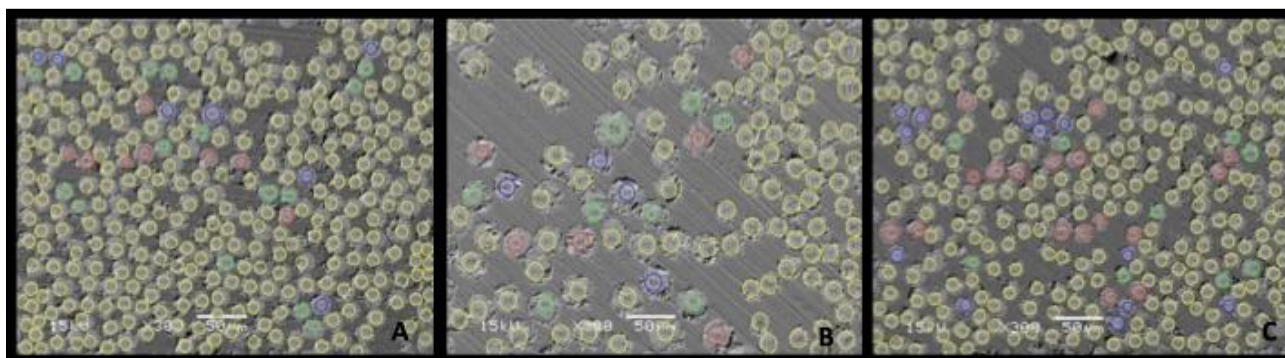


Figura 2: Imagens representativas de MEV em 300x com a contagem das fibras de vidro no aplicativo Count Things. A: terço cervical do pino Exacto; B: terço cervical do pino Whitepost DC e C: terço cervical do pino fresado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

A análise revelou diferenças na média da quantidade de fibras de vidro entre os pinos avaliados. O pino EX apresentou a maior média de fibras nas três regiões (cervical, média e apical), como indicado na Tabela 1. A maior densidade de fibras está associada a resistência mecânica do pino (Monticelli et al., 2003). Nota-se ainda uma maior média de fibras na região cervical das amostras do pino EX, o que não aconteceu para os pinos DC e PF. Essa diferença pode estar relacionada ao processo de fabricação e à necessidade de reforço na região cervical, a qual possui maior tensão decorrente de forças mastigatórias (Soares et al., 2008).

O pino PF, embora com menor quantidade de fibras que o pino EX, apresentou baixa variação de média entre os terços, representada pelo desvio padrão (Tabela 1), o que pode proporcionar uma melhor distribuição de tensões e reduzir o risco de fraturas localizadas (Silva et al., 2011). Já o pino DC obteve os menores valores de quantidade de fibras em relação aos demais pinos. A predominância de matriz resinosa, em detrimento das fibras, pode reduzir o módulo de elasticidade e aumentar a chance de falhas mecânicas (Grandini et al., 2005).

Tabela 1: Média e desvio padrão da quantidade de fibras de vidros para cada pino

Pinos	Terços		
	Cervical	Médio	Apical
EX	382,57 (49,62)	376,7 (55,06)	366,78 (20,46)
DC	130,93 (31,84)	150,12 (53,13)	127,93 (26,27)
PF	281,15 (19,65)	290,87 (18,44)	299,48 (18,26)

A análise quantitativa da área ocupada por resina (Tabela 2) revelou diferenças de médias entre os três pinos. O pino DC apresentou maiores médias de área de resina quando comparados aos outros dois, o que foi compatível com os resultados apontados na Tabela 1, em que esse pino possui menores quantidades de fibras. Em relação aos terços, parece que não há diferença em relação a área de resina.

Tabela 2: Média e desvio padrão da área de resina (%)

Pinos	Terços		
	Cervical	Médio	Apical
EX	21,79(6,32)	25,28(5,87)	25,66(7,68)
DC	42,57(10,99)	39,98(8,54)	43,35(13,37)
PF	28,28(11,09)	26,35(7,29)	28,57(8,47)

Imagens representativas de cada pino por terço em MEV em um aumento de 50x estão apresentadas na Figura 3. É possível observar que os três pinos apresentam áreas de matriz resinosa sem fibras de vidro (representadas por círculos pretos – Fig. 3), porém, o pino DC apresenta maiores ocorrências e dimensão dessas áreas (Fig. 3D, E e F - círculos pretos). Aparentemente, o PF tem maior densidade de fibras (Fig. 3A, B, C), mas isso não foi observado na contagem de fibras (Tabela 1). Também foi possível notar buracos nos pinos (representados por setas brancas – Fig. 3), bem frequente e maiores no pino DC do que nos outros dois (Fig. 3D, E, F). Outro achado, é a diferença da disposição nas fibras, que está representado pela área tracejada em preto, nos pinos DC e PF.

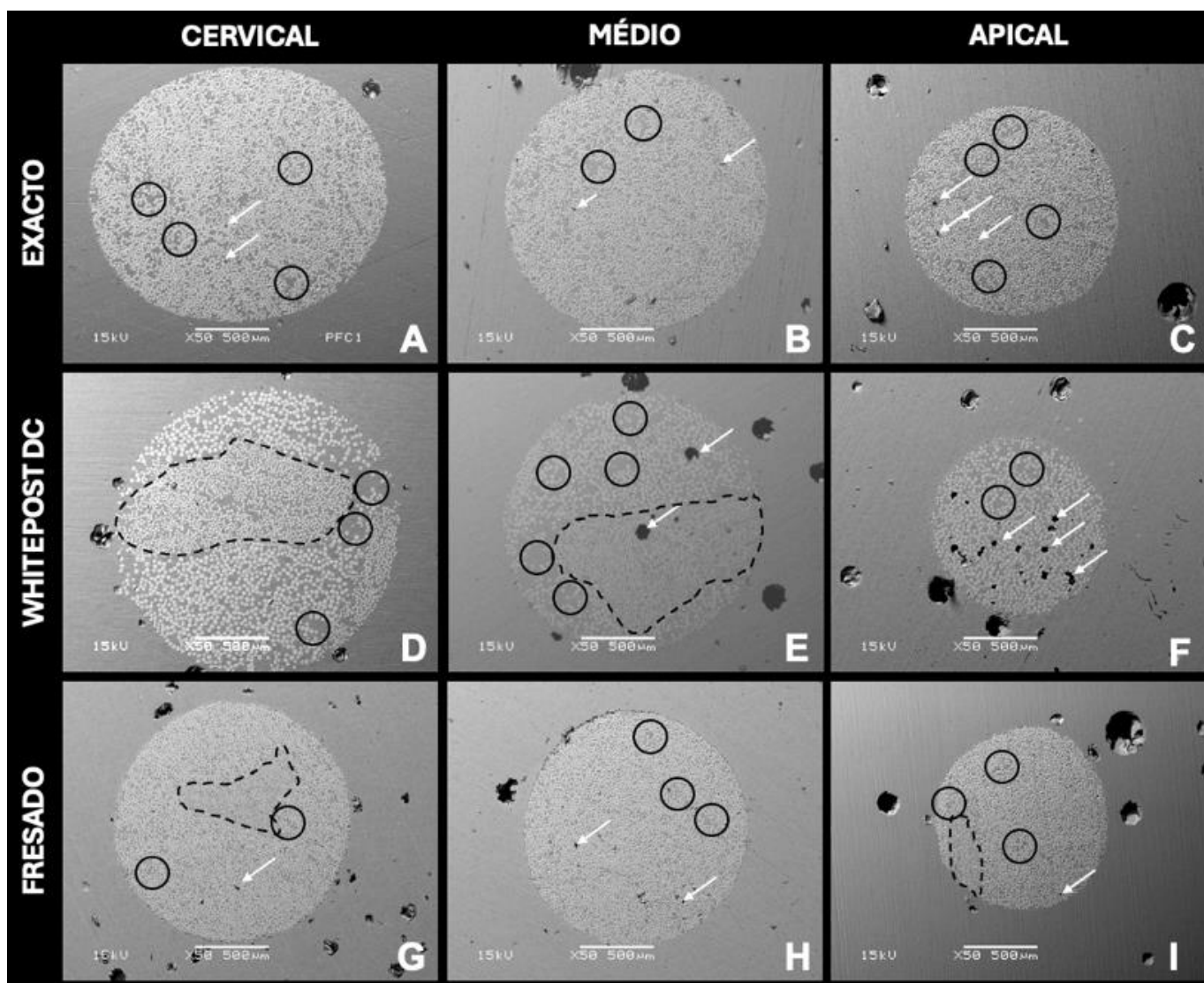


Figura 3: Imagens de MEV do corte transversal em aumento de 50x dos terço cervical, medio e apical. Imagens do pino EX - (A) terço cervical, (B) corte medial; (C) apical; Imagens do pino DC - (D) terço cervical, (E) terço medial, (F) terço apical; Imagens do pino PF - (G) terço cervical, (H) terço médio, (I) terço apical. Setas brancas indicam buracos no pino. Círculos pretos representam áreas de matriz resinosa sem fibras de vidro. Tracejado preto delimita áreas de acúmulo de fibras de vidro de diâmetros diferentes.

A resistência dos pinos de fibra de vidro está fortemente relacionada à proporção entre fibras de vidro e matriz resinosa em sua composição, quanto maior a proporção de fibras, maior a resistência à flexão, módulo de elasticidade e estabilidade dimensional (Goracci et al., 2005). A maior concentração de fibras contribui para uma distribuição mais eficiente das tensões e maior resistência à fratura (D’Arcangelo et al., 2007). Com isso, os resultados obtidos apontam que o pino EX tem potencialmente melhor comportamento biomecânico e o pino DC pode não ser a melhor opção clínica, porém, outros estudos são necessários para melhor investigá-lo. Já o pino fresado, o qual é o foco deste estudo, apresentou resultados intermediários de quantidade de fibras e área de resina e imagens do seu interior compatíveis com o pino pré-fabricado EX.

CONCLUSÕES:

Os resultados deste trabalho demonstram que o pino Exacto apresentou maiores médias de quantidade de fibras do que os pinos Whitepost DC e Fresado. Além disso, imagens do pino DC mostram que ele tem maiores áreas de resina entre as fibras, diferenças no diâmetro delas e defeitos no em seu interior. Também, o pino fresado apresentou valores intermediários de quantidade de fibras e imagens satisfatórias do seu interior.

BIBLIOGRAFIA

Heydecke G, Butz F, Strub JR. Fracture strength and survival rate of endodontically treated maxillary incisors with approximal cavities after restoration with different post and core systems: an in-vitro study. *J Dent.* 2001 Aug;29(6):427-33. doi:10.1016/s0300-5712(01)00038-0. PMID: 11520592.

Campos GB, Pellizzer EP, de Carvalho RF, de Lima CO, E Oliveira HFF, de Oliveira Limirio JPI, Lemos CAA. Are CAD-CAM milled glass fiber posts better than prefabricated or custom glass fiber posts for endodontically treated teeth? A systematic review with meta-analysis. *J Prosthet Dent.* 2024 May 8:S0022-3913(24)00234-8. doi: 10.1016/j.prosdent.2024.03.041. Epub ahead of print. PMID: 38724337.

Goracci, C. and Ferrari, M. (2011), Current perspectives on post systems: a literature review. *Australian Dental Journal*, 56: 77-83. <https://doi.org/10.1111/j.18347819.2010.01298.x>

Grandini S, Goracci C, Monticelli F, Tay FR, Ferrari M. Fatigue resistance and structural characteristics of fiber posts: three-point bending test and SEM evaluation. *Dent Mater.* 2005 Feb;21(2):75-82. doi: 10.1016/j.dental.2004.02.012. PMID: 15681005.

Libonati A, Di Taranto V, Gallusi G, Montemurro E, Campanella V. CAD/CAM Customized Glass Fiber Post and Core With Digital Intraoral Impression: A Case Report. *Clin Cosmet Investig Dent.* 2020 Feb 10;12:17-24. doi:10.2147/CCIDE.S237442. PMID: 32104100; PMCID: PMC7021168.

Li, Y, Hedlind, M, & Kjellberg, T. Usability Evaluation of CAD/CAM: State of the Art. *Procedia CIRP* Volume 36, 2015, Pages 205 – 210 doi: 10.1016/j.procir.2015.01.053

Moustapha G, AlShwaimi E, Silwadi M, Ounsi H, Ferrari M, Salameh Z. Marginal and internal fit of CAD/CAM fiber post and cores. *Int J Comput Dent.* 2019;22(1):45-53. PMID: 30848254.

Ming X, Zhang Z, Xie W, Zhang Y, Li Y, Zhang W. Internal adaptation and mechanical properties of CAD/CAM glass fiber post-cores in molars: An in vitro study. *J Dent.* 2023 Nov;138:104685. doi: 10.1016/j.jdent.2023.104685. Epub 2023 Sep 1. PMID:37659715.

Bankoğlu Güngör M, Turhan Bal B, Yilmaz H, Aydin C, Karakoca Nemli S. Fracture strength of CAD/CAM fabricated lithium disilicate and resin nano ceramic restorations used for endodontically treated teeth. *Dent Mater J.* 2017 Mar 31;36(2):135-141. doi:10.4012/dmj.2016-017. Epub 2017 Jan 20. PMID: 28111383.

Pang J, Feng C, Zhu X, Liu B, Deng T, Gao Y, Li Y, Ke J. Fracture behaviors of maxillary central incisors with flared root canals restored with CAD/CAM integrated glass fiber post-and-core. *Dent Mater J.* 2019 Feb 8;38(1):114-119. doi:10.4012/dmj.2017-394. Epub 2018 Nov 1. PMID: 30381631.

de Oliveira Franco, A. P. G., Hecke, M. B., Sydney, G. B., Mazur, R. F., & Gomes, O. M. M. (2015). Influência das características das fibras na resistência flexural e modo de fratura dos pinos intrarradiculares. *Clinical and Laboratorial Research in Dentistry*, 21(3), 171-179.

Ruschel GH, Gomes ÉA, Silva-Sousa YT, Pinelli RGP, Sousa-Neto MD, Pereira GKR, Spazzin AO. Mechanical properties and superficial characterization of a milled CAD-CAM glass fiber post. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2018 Jun;82:187-192. doi:10.1016/j.jmbbm.2018.03.035. Epub 2018 Mar 27. PMID: 29609139.

Mazzocato, Daniel & Hirata, Ronaldo & Antônio, Luiz & gieski pires, luiz antonio & Mota, Eduardo & Moraes, Lourenço & Mazzocato, Sandra. Propriedades flexurais de pinos diretos metálico e não - metálicos. 2006.

Monticelli F, Toledano M, Tay FR, Cury AH, Goracci C, Ferrari M. Post-surface conditioning improves interfacial adhesion in post/core restorations. *Dent Mater.* 2006 Jul;22(7):602-9. doi: 10.1016/j.dental.2005.05.018. Epub 2005 Nov 14. PMID: 16289722.

Soares PV, Santos-Filho PC, Martins LR, Soares CJ. Influence of restorative technique on the biomechanical behavior of endodontically treated maxillary premolars. Part I: fracture resistance and fracture mode. *J Prosthet Dent.* 2008 Jan;99(1):30-7. doi: 10.1016/S0022-3913(08)60006-2. PMID: 18182183.

Silva, N. R., et al. (2011). Effect of fiber post design and cementation technique on stress distribution in the restored root. *Dental Materials*.

Goracci C, Raffaelli O, Ferrari M. Bond strength of resin cements to fiber posts: the role of surface treatment. *Dent Mater.* 2005 Sep;21(9):709-15. <https://doi.org/10.1590/0103-6440201300143>

D'Arcangelo C, Cinelli M, De Angelis F, D'Amaro M. The effect of resin cement film thickness on the pullout strength of a fiber-reinforced post system. *J Prosthet Dent.* 2007 Sep;98(3):193-8. doi: 10.1016/S0022-3913(07)60055-9. PMID: 17854620.