



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE**  
**CURSO DE ODONTOLOGIA**

**LOURDIELI SILVA DE OLIVEIRA**

**ANÁLISE ULTRAESTRUTURAL E MECÂNICA DE UMA NOVA RESINA**  
**COMPOSTA REFORÇADA POR FIBRAS DE VIDRO CURTAS**

Recife

2025

LOURDIELI SILVA DE OLIVEIRA

**ANÁLISE ULTRAESTRUTURAL E MECÂNICA DE UMA NOVA RESINA  
COMPOSTA REFORÇADA POR FIBRAS DE VIDRO CURTAS**

Trabalho apresentado à Disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2 como parte dos requisitos para conclusão do Curso de Odontologia do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco.

Orientador(a): Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Renata Pedrosa Guimarães

Co-orientador(a): Prof. Dr. Luís Felipe Espíndola de Castro

Recife

2025

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Oliveira, Lourdieli Silva de.

Análise ultraestrutural e mecânica de uma nova resina composta reforçada  
por fibras de vidro curtas / Lourdieli Silva de Oliveira. - Recife, 2025.  
33 : il., tab.

Orientador(a): Renata Pedrosa Guimarães

Coorientador(a): Luís Felipe Espíndola de Castro

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de  
Pernambuco, Centro de Ciências da Saúde, Odontologia - Bacharelado, 2025.

Inclui referências, anexos.

1. Odontologia. 2. Materiais dentários. 3. Resina composta. 4.  
Biomimética. 5. Dentina. I. Guimarães, Renata Pedrosa. (Orientação). II. Castro,  
Luís Felipe Espíndola de. (Coorientação). IV. Título.

610 CDD (22.ed.)

LOURDIELI SILVA DE OLIVEIRA

**ANÁLISE ULTRAESTRUTURAL E MECÂNICA DE UMA NOVA RESINA  
COMPOSTA REFORÇADA POR FIBRAS DE VIDRO CURTAS**

Trabalho apresentado à Disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2 como parte dos requisitos para conclusão do Curso de Odontologia do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco.

Aprovada em: 01 / 12 / 2025.

**BANCA EXAMINADORA**

---

**Renata Pedrosa Guimarães/  
UFPE**

---

**Paulo Fonseca Menezes Filho/  
UFPE**

---

**Claudio Heliomar Vicente da Silva/  
UFPE**



## AGRADECIMENTOS

À Deus, pelo dom da vida, por Sua graça, amor e benignidade para comigo, por Seu cuidado e sustento, por ser minha fortaleza nos momentos difíceis e por fazer infinitamente mais do que pedi ou imaginei. À Ele minha mais profunda gratidão e devoção.

Aos meus pais, M<sup>a</sup> de Lourdes Oliveira e Elismá Oliveira, por nunca medirem esforços para impulsionar meus sonhos, mas sempre encorajar-me a ir além. Obrigada por serem meu porto seguro e por me ensinarem o valor do estudo e da perseverança. Talvez, em toda minha vida, eu nunca consiga retribuir o tanto que fizeram por mim, pois todas as minhas conquistas têm um pouco de mim e muito de vocês.

Ao meu noivo, João Victor Rodrigues, que esteve comigo desde o início dessa jornada. Seu apoio, encorajamento e companheirismo foram fundamentais para eu chegar até aqui. Obrigada por ter compartilhado comigo o peso e a alegria dessa conquista. Amo-te sobremaneira.

Às minhas amigas e companheiras de curso, Rayanne Mesquita, Myllena Rodrigues e Beatriz Monteiro. Meu agradecimento pelas risadas, pelo apoio mútuo e pelo suporte emocional que tornou a rotina acadêmica mais suportável. À minha dupla, Alanis Rafaella, um agradecimento especial pela parceria e sinergia construídas nesses anos. Você faz parte desta história e é uma parte maravilhosa dela.

À Cíntia Pereira e Tamiris Santos, minhas amigas de longa data, que me ensinaram a comemorar as pequenas e grandes vitórias — e que estiveram comigo em quase todas elas. Obrigada por todas as orações, torcida, amparo e irmandade. Sou incrivelmente abençoada por ter vocês.

À minha orientadora, Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Renata Pedrosa, por sua paciência e dedicação. Seu amor pela Odontologia e pela ciência inspiraram-me de modo a moldar minha visão profissional, incentivando-me a buscar a excelência e o cuidado humanizado em cada detalhe.

À Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ) – Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães pela cessão da sua estrutura e recursos técnicos que foram vitais para a concretização deste trabalho.

Ao Laboratório Multiusuário de Pesquisa em Materiais - FOP/UPE, pela permissão de uso de seus equipamentos. A contribuição deste laboratório foi essencial para a obtenção de resultados precisos e para a credibilidade científica deste estudo

Ao Laboratório de Biomateriais Dentários (Bioden) - UFPE, na pessoa do Prof. Luís Felipe Espíndola pela disposição de seus equipamentos para a realização e manutenção desta pesquisa.

À Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), por ter sido minha casa por esses últimos anos e por ter me proporcionado viver a Odontologia na sua integralidade.

E por fim, um agradecimento especial aos pacientes que depositaram em mim a sua confiança e, com isso, participaram ativamente do meu crescimento pessoal e profissional.

Todo caminho da gente é resvaloso.  
Mas; também, cair não prejudica demais –  
a gente levanta, a gente sobe, a gente volta! (...)  
O correr da vida embrulha tudo, a vida é assim:  
esquenta e esfria, aperta e daí afrouxa,  
sossega e depois desinquieta.  
O que ela quer da gente é coragem.  
(Guimarães Rosa, 1956)

## RESUMO

As Resinas Compostas Reforçadas por Fibras de Vidro (RCRF) surgiram como uma alternativa promissora nos casos de dentes extensamente comprometidos, visto que, demonstram capacidade de reforço interno e alta resistência à tração, sendo eficazes na interrupção da propagação de fraturas e na minimização do estresse de contração. Recentemente, um novo exemplar de RCRF foi apresentado ao mercado odontológico nacional, com grande repercussão midiática, porém com necessidade de maiores investigações na literatura. Sendo assim, buscou-se caracterizar ultraestrutural (através de microscopia eletrônica de varredura) e mecanicamente (através de ensaio mecânico de resistência à flexão) uma nova resina composta reforçada por fibras de vidro curtas, a ThinkX (Mult), comparando-a com uma resina nanohíbrida (Elóra / FGM). A análise em MEV confirmou a presença de fibras de vidro E-glass curtas aleatoriamente orientadas na ThinkX, validando sua proposta de reforço tridimensional. No ensaio mecânico, a ThinkX registrou valores de tensão semelhantes à Elóra e não houve diferença estatística significativa entre as duas resinas. A resina ThinkX demonstrou alta resistência à flexão, comparável à resina nanohíbrida de referência e ultraestrutura com a presença de fibras de vidro esparsas entre partículas de carga de formato e tamanho heterogêneo.

**Palavras-chave:** resinas compostas; materiais dentários; biomimética; dentina.

## ABSTRACT

Glass Fiber-Reinforced Composite Resins (GFRCR) emerged as a promising alternative in cases of extensively compromised teeth, as they demonstrate internal reinforcement capacity and high tensile strength, being effective in interrupting the propagation of fractures and minimizing contraction stress. Recently, a new GFRCR specimen was introduced to the national dental market, with great media repercussion, but requiring further investigation in the literature. Therefore, the aim was to ultrastructurally characterize (using scanning electron microscopy) and mechanically characterize (using the flexural strength test) a new short glass fiber-reinforced composite resin, ThinkX (Mult), comparing it with a nanohybrid resin (Elóra / FGM). The SEM analysis confirmed the presence of short, randomly oriented E-glass fibers in ThinkX, validating its proposal for three-dimensional reinforcement. In the mechanical test, ThinkX recorded stress values similar to Elóra, and there was no statistically significant difference between the two resins. The ThinkX resin demonstrated high flexural strength, comparable to the reference nanohybrid resin, and an ultrastructure featuring the presence of sparse glass fibers among filler particles of heterogeneous shape and size.

**Keywords:** composite resins; dental materials; biomimetics; dentin.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1 –	Materiais utilizados no presente estudo.....	16
Figura 1 –	Preparação dos corpos de prova para análise em MEV.....	17
Figura 2 –	Preparação dos corpos de prova para ensaio mecânico.....	18
Figura 3 –	Ensaio de flexão em três pontos.....	19
Figura 4 –	Fotomicrografia obtidas em MEV da resina composta Elóra.....	20
Figura 5 –	Fotomicrografia obtidas em MEV da resina composta ThinkX.....	21

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 –	Estatística descritiva dos valores de tensão.....	21
Tabela 2 –	Teste-t de Student para igualdade de médias.....	23

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>15</b>
2.1	CARACTERIZAÇÃO ULTRAESTRUTURAL.....	15
2.2	CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA - Teste de Resistência à Flexão.....	17
<b>3</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>19</b>
3.1	ANÁLISE MORFOLÓGICA EM MEV.....	19
3.2	ENSAIO MECÂNICO.....	10
<b>4</b>	<b>DISCUSSÃO.....</b>	<b>23</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>27</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>28</b>
	<b>ANEXO A – NORMAS DA REVISTA.....</b>	



## 1 INTRODUÇÃO

Dentre os diversos desafios enfrentados na Odontologia, a reabilitação de dentes extensamente destruídos surge como uma questão significativa, uma vez que a perda de função e estética pode comprometer a saúde física e emocional dos pacientes. A destruição dentária pode ocorrer por diversos fatores, como cáries extensas, trauma ou doença periodontal, e, quando não tratada adequadamente, pode levar à perda total do elemento afetado [1].

As técnicas mais utilizadas para o tratamento dessas lesões são as restaurações diretas e indiretas. As restaurações diretas estão indicadas em casos de cavidades com extensão reduzida, terminos cervicais visíveis e de fácil acesso, cavidades sem perdas de cúspides e substituição de pequenas restaurações insatisfatórias [2]. Contudo, quando há perda parcial ou total de uma cúspide ou quando a destruição é maior que  $2/3$  da distância intercuspídea, a opção de tratamento mais indicada são as restaurações indiretas do tipo inlay ou onlay [3].

Diante disso, a missão de reabilitar grandes perdas de estrutura dentária exige do cirurgião-dentista um conhecimento aprofundado acerca das técnicas restauradoras mais indicadas, bem como dos novos materiais lançados no mercado [2]. Além disso, para restabelecer a função e longevidade do elemento dentário, o material restaurador precisa mimetizar importantes propriedades da dentina que foi perdida no processo patológico [1].

Embora haja avanços contínuos na composição e na tecnologia das resinas compostas, ainda existem limitações intrínsecas à aplicação desses materiais, o que representa um grande desafio a ser superado. Mesmo com a utilização de técnicas restauradoras adequadas, problemas como contração e estresse de polimerização, seguidos de microinfiltração e sensibilidade térmica, ainda podem levar à formação de cárie secundária e comprometer a eficácia da restauração [4, 1].

Para um maior controle destes problemas, alguns materiais trazem modificações em sua formulação, como as resinas compostas reforçadas por fibras de vidro, que tem se tornado cada vez mais importantes, visto que possuem características desejáveis como: biocompatibilidade, dureza adequada, adesão química à resina composta devido a presença do bisfenol A-glicidil metacrilato (Bis-GMA), melhor resistência à flexão e facilidade de manipulação. Ademais, possui a capacidade de interromper a propagação de fraturas devido a

sua alta resistência à tração, tornando-a um material de excelente escolha em cavidades extensas, especialmente em dentes submetidos a grandes forças mastigatórias [4, 3, 1, 5].

O principal exemplar dessas resinas é a EverX (GC) que possui suas fibras de vidro curtas orientadas aleatoriamente resultando numa configuração tipo malha e tem por finalidade reforçar internamente os dentes estruturalmente comprometidos. Tal particularidade objetiva minimizar o estresse de contração da polimerização e por conseguinte a micro infiltração marginal, apresentando, dessa maneira, uma vantagem em relação às resinas de preenchimento particulado convencional [4, 1, 5].

Apesar das vantagens mencionadas, a presença de resinas com essas particularidades ainda é pouco observada no mercado odontológico. Além disso, seu alto custo limita a ampla aplicação clínica e impede que um maior número de profissionais incorpore essa tecnologia em seus tratamentos. Não obstante, um novo produto com tais propriedades foi posto recentemente no mercado, a resina ThinkX (Mult), que será tema do presente estudo. Entretanto, ainda há uma carência de pesquisas mais aprofundadas que comprovem sua eficácia em diferentes cenários laboratoriais e clínicos.

Logo, como a principal função dos referidos materiais é promover uma maior longevidade e integridade das restaurações adesivas, é importante que haja mais estudos nessa área, visto que, a resolução das problemáticas apresentadas contribuiria fortemente para uma evolução significativa dos procedimentos restauradores. Além disso, a ampliação do leque de opções disponíveis para a escolha profissional contribuirá para uma maior popularização e amplo acesso a essa tecnologia.

Dessa forma, buscou-se caracterizar ultraestrutural (através de microscopia eletrônica de varredura) e mecanicamente (através de ensaio mecânico de tração diametral) uma nova resina composta reforçada por fibras de vidro curtas, a ThinkX (Mult), comparando-a com uma resina nanohíbrida (Elóra / FGM).

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para este estudo foram utilizadas duas diferentes marcas comerciais de compósitos restauradores: A ThinkX (Mult), uma resina reforçada por fibras de vidro e a Elóra (FGM), uma resina nanohíbrida com partículas esferoidais de Zircônia. O Quadro 1 descreve as principais características desses materiais.

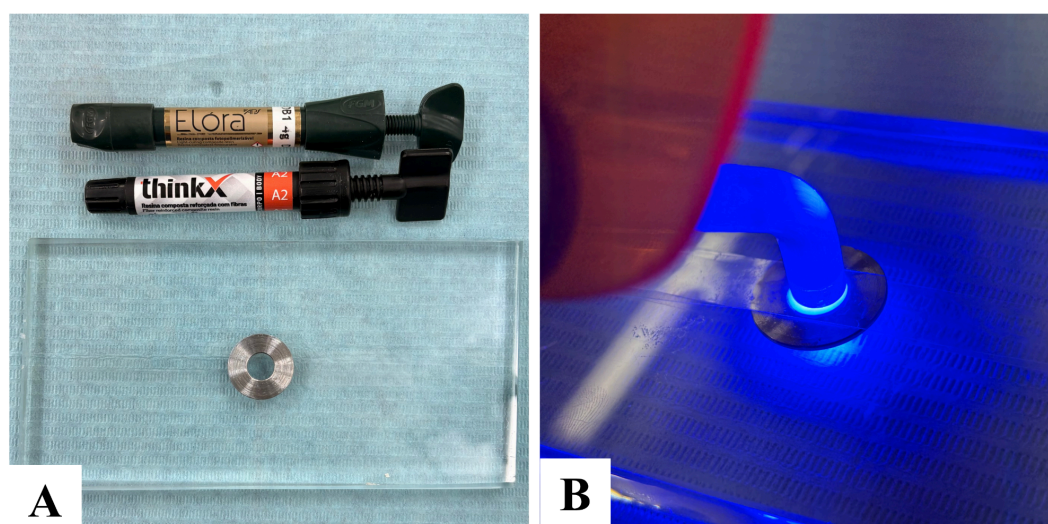
**Quadro 1** - Materiais usados no presente estudo.

Material	Fabricante	Classificação	Composição	Lote
Elóra APS	FGM®, Joinville, Santa Catarina, Brasil	Resina composta nanohíbrida	Silicato de Zircônia esférica, monômeros metacrílicos, dióxido de silício e fotoiniciador	051221
ThinkX posterior	Mult Produtos Odontológicos LTDA, Pirassununga, São Paulo, Brasil	Compósito de resina reforçado com fibra curta	Fibras de vidro E-glass silanizadas, monômeros de metacrilatos, estabilizantes, fotoiniciador, co-iniciador, cargas, silano e pigmentos.	092425

### 2.1 CARACTERIZAÇÃO ULTRAESTRUTURAL

Para análise das características morfológicas das partículas de carga das resinas compostas, bem como das fibras curtas, foram fabricados 2 espécimes cilíndricos de cada material. Para a preparação das amostras, utilizou-se um molde metálico com dimensões de 8 mm x 1 mm. O compósito foi inserido e adaptado no molde de metal cujas extremidades foram bloqueadas com matrizes transparentes de poliéster e lamínulas de vidro. Após isso, um peso de 1kg foi colocado sobre a lamínula de vidro durante 20 segundos e, em seguida, o material foi fotopolimerizado (Emitter C/ Shulzter, intensidade de luz > 800 mW/cm<sup>2</sup>) por 20 segundos (Figura 1). Após a remoção do espécime do molde, o excesso de material das

bordas foi removido com o auxílio de uma lâmina de bisturi. As dimensões dos espécimes foram verificadas usando um paquímetro digital e os espécimes foram armazenados em água destilada a 37°C por 24h. Para as leituras, as amostras de cada grupo passaram pelo processo de desidratação com uma sequência de imersão em álcool (50%, 70% e 100%), em dois banhos de 5 minutos cada, sendo os banhos da última concentração realizados quatro vezes por 5 minutos. Após essa preparação, as amostras foram levadas ao Núcleo de Plataformas Tecnológicas (NPT) do Instituto Aggeu Magalhães - Fiocruz/PE para serem colocadas em aparelho de secagem ao ponto crítico (EM CPD300, Leica Microsystems) durante 04 horas, onde sofreram vários banhos com CO<sup>2</sup> até chegar ao ponto ideal de secagem. Em seguida, os espécimes foram posicionados sobre “stubs” metálicos e foram metalizados (EM ACE200, Leica Microsystems) com ouro (Au) na espessura de 10 nm para observação em MEV (JSM 5600LV, Jeol) com aumentos de 6.000 a 25.000X.



**Figura 1** - Preparação dos corpos de prova para análise em MEV.

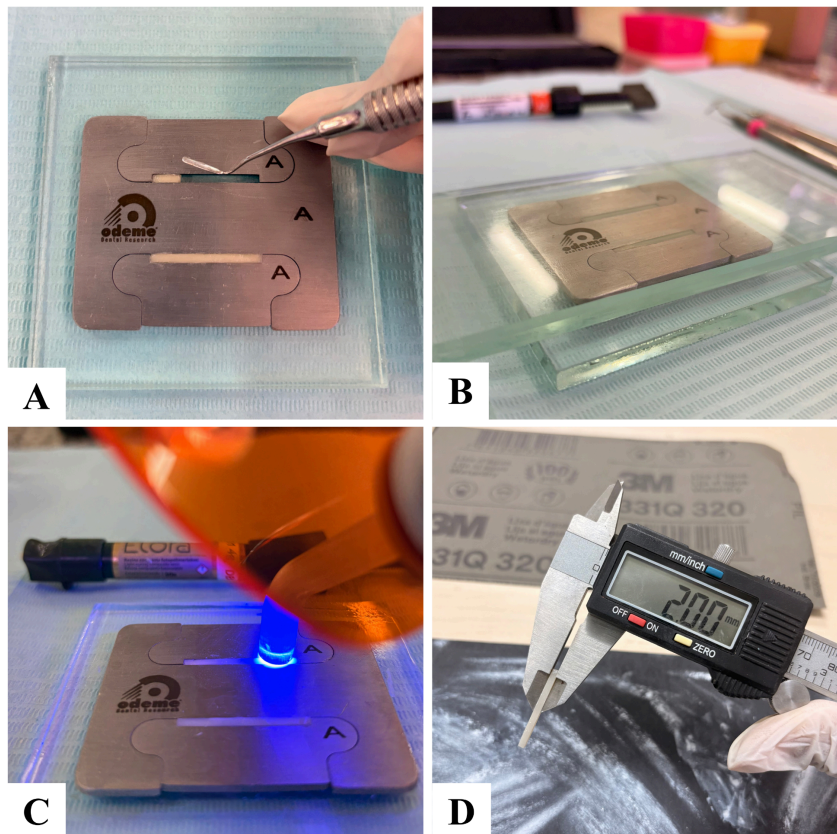
(A): Molde metálico para deposição das resinas. (B): Fotopolimerização da resina.

Os resultados foram obtidos através da análise das partículas de carga e fibras de vidro, as quais foram avaliadas qualitativamente utilizando as imagens em MEV. Os componentes foram descritos, de acordo com o tamanho médio, amplitude do tamanho dessas partículas, morfologia, tipo e a disposição/concentração na massa da resina composta. As mesmas foram comparadas dentre os diferentes materiais e com as descrições feitas pelos fabricantes nos seus respectivos perfis técnicos.

## 2.2 CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA - Teste de Resistência à Flexão

Os espécimes foram fabricados de acordo com as instruções do fabricante, e em consonância a norma ISO 4049 [6] e especificação ANSI/ADA n°27.

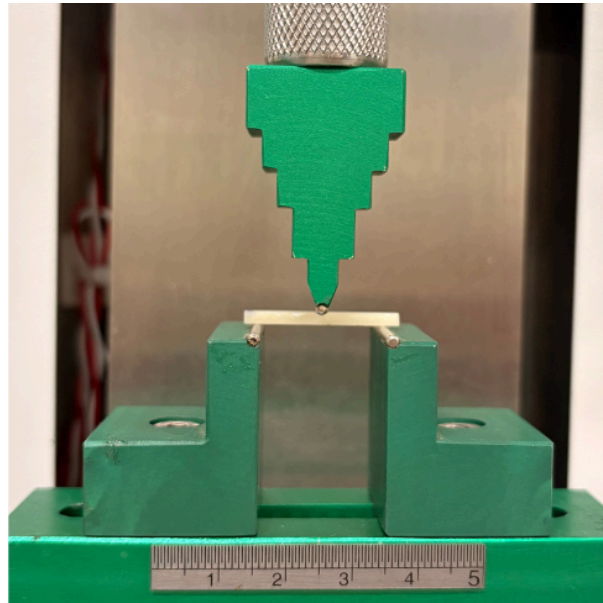
Para o teste de resistência à flexão de três pontos, 10 espécimes em forma de barra foram fabricados a partir de cada resina composta, seguindo as instruções dos fabricantes e a ISO 4049 [6]. A resina composta foi confeccionada com auxílio de um molde de aço inoxidável posicionado sobre uma placa de vidro. Além disso, uma tira de poliéster foi colocada entre a placa de vidro e a matriz, no espaço em que a resina foi depositada. Uma lamínula de vidro fina foi posicionada sobre o molde contendo o material e um peso de 1kg foi colocado sobre a lamínula de vidro durante 20 segundos. Após isso, foi retirada a lamínula de vidro e o material foi fotopolimerizado (Emitter C / Schuster, intensidade de luz  $> 800 \text{ mW/cm}^2$ ) por 20 s em cada terço das superfícies superior e inferior do espécime ( $25 \pm 2 \text{ mm} \times 2 \pm 0,1 \text{ mm} \times 2 \pm 0,1 \text{ mm}$ ). Todos os espécimes foram removidos do molde e polidos usando uma lixa de gramatura 320 para remover o excesso de material. As dimensões dos espécimes foram verificadas usando um paquímetro digital (Figura 2) e os espécimes foram armazenados em água destilada a  $37^\circ\text{C}$  em estufa bacteriológica (ECB 1.2, Odontobras) no Laboratório de Biomateriais Dentários - UFPE (Bioden).



**Figura 2** - Preparação dos corpos de prova para ensaio mecânico.

(A): Colocação da resina composta no molde de aço inoxidável. (B): Lamínula de vidro sobre o molde. (C): Fotopolimerização das resinas. (D): Medição dos corpos de prova com paquímetro digital após polimento com lixa de gramatura 320.

O Ensaio foi realizado no Laboratório Multiusuário de Pesquisa de Materiais - FOP/UPE, onde os corpos de prova foram submetidos ao ensaio de flexão em três pontos em máquina universal de ensaios (Microtensile OM150, Odeme Dental Research) com velocidade de 0,5 mm/min até a fratura (Figura 3).



**Figura 3** - Ensaio de flexão em três pontos.

 Vídeo demonstrativo do ensaio de flexão

A carga de fratura (F), em Newtons (N), de cada corpo de prova foi registrada, e a resistência à flexão (em MPa), foi calculada da seguinte forma:

$$\sigma_t = 3 Fl/2bh^2$$

Onde:

l: distância entre os rolos de suporte (20 mm)

b: largura da amostra (~2 mm)

h: altura da amostra (~2 mm)

Os valores obtidos nos ensaios mecânicos foram tabulados e sofreram tratamento estatístico a um nível de significância de 5%, através do Teste-t de Student para igualdade de médias.

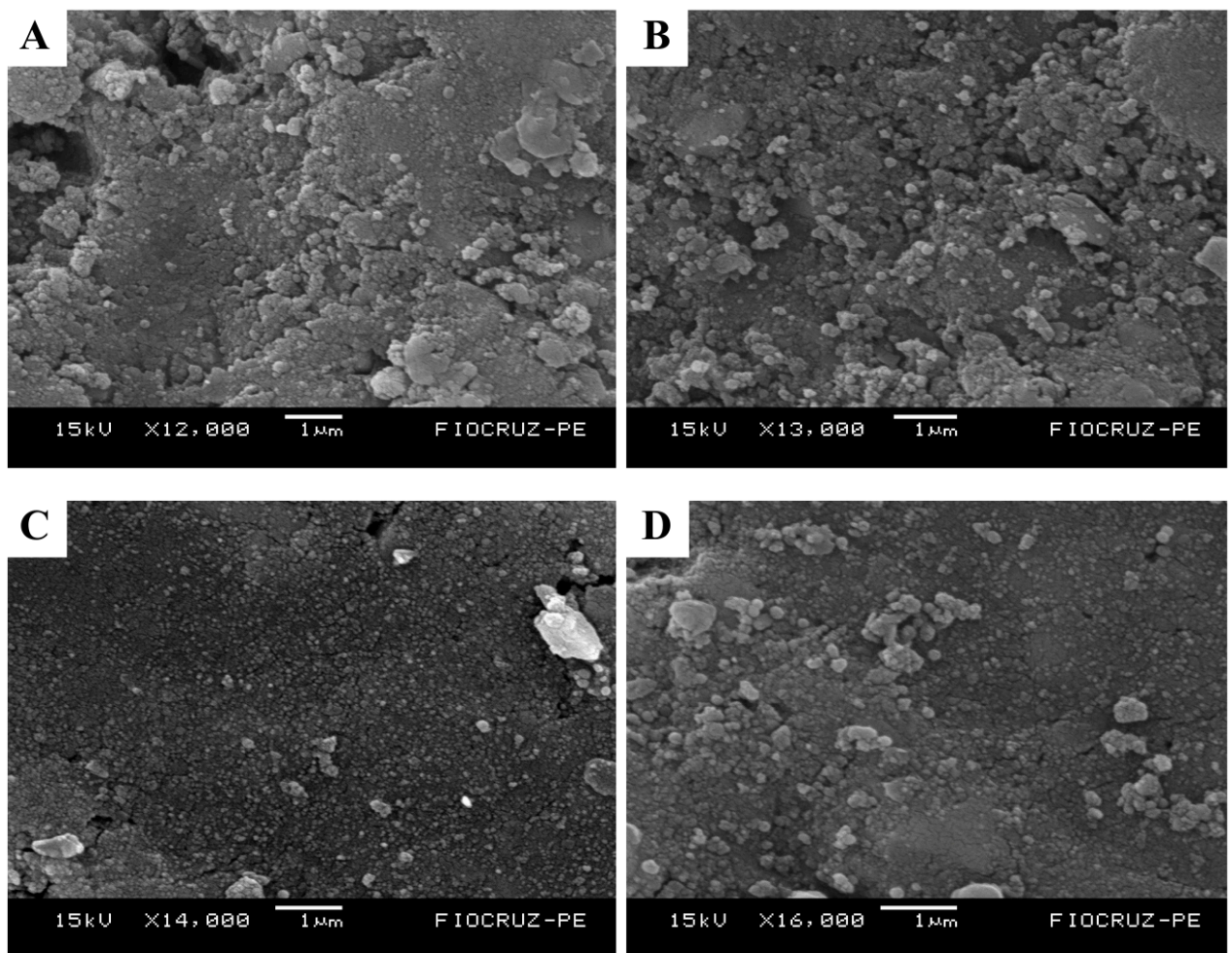


## 4 RESULTADOS

### 4.1 ANÁLISE MORFOLÓGICA POR MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV)

Através de uma análise comparativa superficial entre as duas resinas compostas utilizadas nesse estudo, pôde-se observar a estrutura dos diferentes constituintes dos referidos compósitos.

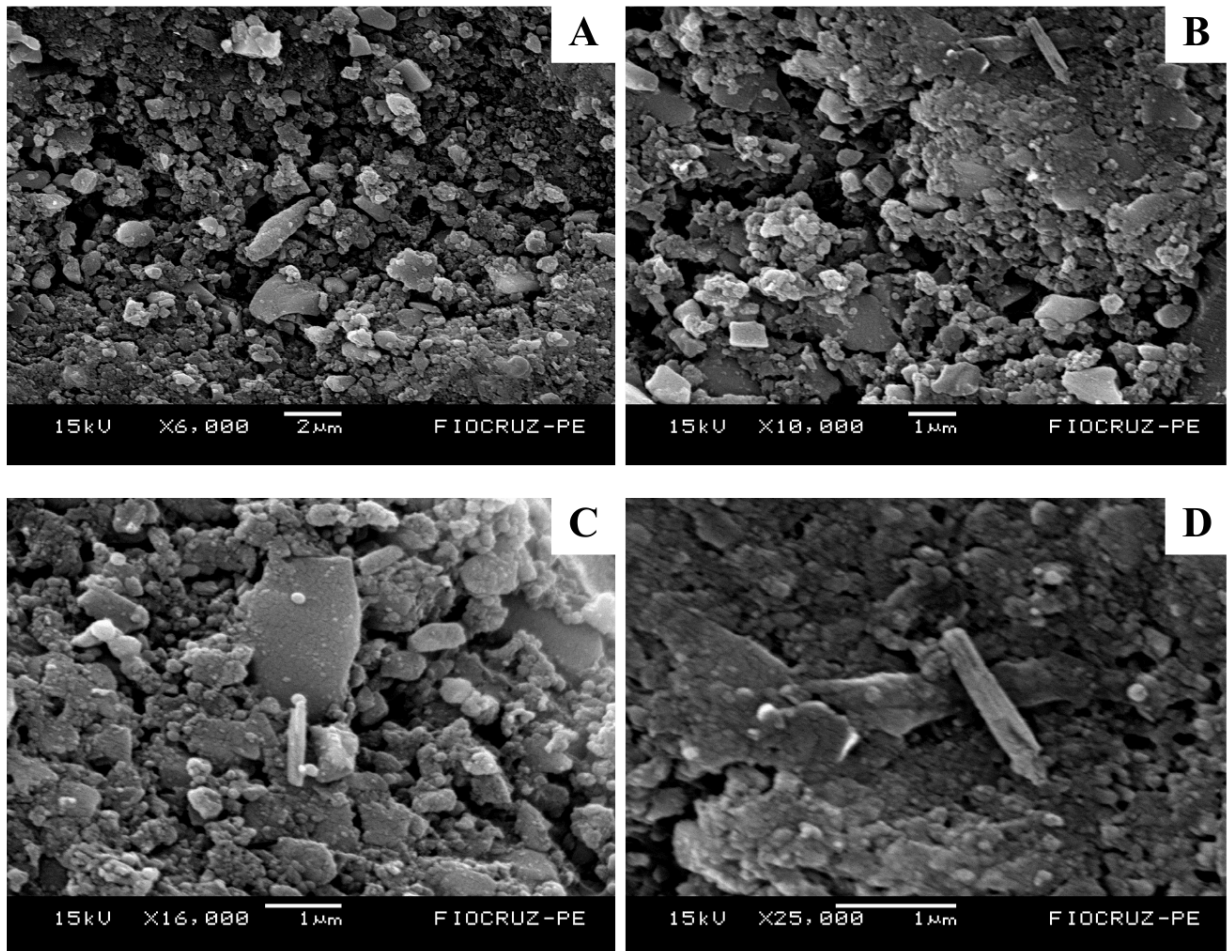
Na análise microscópica da resina composta Elóra APS (FGM) foi possível reconhecer as partículas esféricas de Silicato zircônia, bem como de partículas de Sílica sintética esférica, as quais ocupam a maior área da superfície com algumas cargas poligonais ou amorfas mais esparsas (Figura 4).



**Figura 4** - Fotomicrografia obtidas em MEV da resina composta Elóra.

(A): Aumento 12.000X. (B): Aumento 13.000X. (C): Aumento 14.000X. (D): Aumento 16.000X

No que se refere à resina ThinkX Posterior (Mult), a sua microscopia revelou a presença de fibras de vidro E-glass, espalhadas entre as partículas de carga poligonais de tamanho maior e mais heterogêneo que a correspondente nanohíbrida (Figura 5).



**Figura 5** - Fotomicrografia obtidas em MEV da resina composta ThinkX.

(A): Aumentos 6.000X. (B): Aumento 10.000X. (C): Aumento 16.000X. (D): 25.000X

## 4.2 ENSAIO MECÂNICO

Inicialmente, foram fabricados e planejados para ensaio 10 corpos de prova para cada uma das duas resinas compostas, totalizando 20 amostras. Entretanto, durante a coleta de dados, um corpo de prova pertencente à resina Elóra (FGM) apresentou falha no procedimento experimental, o que levou à sua exclusão da análise estatística. Dessa forma, a análise final considerou 10 amostras da ThinkX (Mult) e 9 amostras da Elóra (FGM).



**Tabela 1** - Estatística descritiva dos valores de tensão (Mpa)

THINKX	N	Válido	10
		Omisso	0
		Média	88,8575
		Erro Desvio	7,97223
		Mínimo	72,97
		Máximo	102,94
	Percentis	25	84,0439
		50	89,3330
		75	93,8772
ELÓRA	N	Válido	9
		Omisso	0
		Média	97,1505
		Erro Desvio	13,22095
		Mínimo	70,75
		Máximo	117,46
	Percentis	25	89,9043
		50	98,1624
		75	105,1738

A Tabela 1 apresenta as estatísticas descritivas da tensão máxima de flexão em Megapascal (Mpa) e revelou uma ligeira diferença entre os dois materiais testados. A resina ThinkX Posterior (Mult) apresentou uma tensão média de 88,8575 Mpa (desvio padrão = 7,97), enquanto a resina Elóra (FMG) apresentou uma tensão média de 97,1505 Mpa (desvio padrão = 13,22).

**Tabela 2** - Teste-t de Student para igualdade de médias.

		Sig. (2 extremidades)	Diferença média	Erro de diferença padrão
TENSÃO	Variâncias iguais assumidas	0,112	-8,29305	4,94656
	Variâncias iguais não assumidas	0,127	-8,29305	5,07712

Embora a resina Elóra tenha apresentado uma tensão média numericamente superior (8,29 MPa de diferença), o teste-t de Student indicou que essa diferença não foi estatisticamente significativa ao nível de 5%. Este resultado sugere que, em termos de resistência à flexão, a nova resina reforçada por fibras apresentou desempenho semelhante a uma resina nanohíbrida de referência.

## 5 DISCUSSÃO

A presente pesquisa concentrou-se na análise ultraestrutural e mecânica de uma nova resina composta reforçada por fibras de vidro curtas. Para caracterizar a qualidade inicial deste material, foram comparadas suas propriedades morfológicas e mecânicas com as de uma resina nanohíbrida esferoidal. A importância deste estudo reside na aplicação de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e do teste de resistência à flexão para evidenciar e quantificar as diferenças estruturais e de desempenho entre os compósitos. Os resultados destes testes são cruciais para a caracterização precisa e a avaliação da qualidade intrínseca e potencial clínico de novos materiais restauradores dentários.

A adição de fibras, como proposto no material aqui avaliado, tem o objetivo principal de redirecionar as tensões geradas dentro da matriz polimérica para as próprias fibras. Este mecanismo altera o padrão de propagação de fissuras, reduzindo sua velocidade e incrementando a resistência à flexão e à fratura. Consequentemente, o uso de compósitos aprimorados com fibras tem se tornado cada vez mais crucial. Ademais, tal reforço confere maior solidez e tenacidade às resinas, visto que as fibras funcionam como verdadeiras "barreiras de fissura" (*crack stoppers*) ou promovem o "desvio do caminho da fissura" (*crack deflectors*). Isso impede que fraturas se estendam pelo dente, estabelecendo uma defesa contra as forças mastigatórias e, assim, elevando a durabilidade clínica da restauração [7, 8, 9].

Para além do comprimento, deve também ser considerada a adesão entre as fibras e a matriz, porque se houver espaços vazios, estes podem atuar como zonas de iniciação de fraturas na matriz e facilitar a ruptura do material. Para mitigar este risco e garantir uma transferência de tensão eficaz, é indispensável que as fibras sejam silanizadas. O tratamento das fibras de vidro com agentes de silano é um processo químico que cria uma ponte de ligação estável, promovendo a adesão química entre o componente inorgânico (fibra) e a matriz orgânica (resina) [10, 11].

Quanto à disposição espacial, a incorporação de fibras de vidro com orientação aleatória é particularmente vantajosa em materiais de substituição dentinária. Quando as fibras curtas estão dispostas aleatoriamente, o material exibe propriedades isotrópicas, significando que o reforço estrutural é conferido em todas as direções do espaço tridimensional. Este arranjo é crucial para garantir que a restauração resista de maneira uniforme às cargas oclusais e às tensões internas (como as de contração de polimerização),

independentemente do vetor da força ou da direção de propagação de uma potencial fissura [3, 12, 13, 14, 15].

A resina composta EverX Posterior (GC) estabeleceu-se no mercado como um material pioneiro no conceito de substituição dentinária reforçada por fibras curtas. Esta formulação inovadora foi estrategicamente desenvolvida para mimetizar a função e as propriedades mecânicas da dentina, oferecendo uma resistência à fratura superior à das resinas convencionais. Seu diferencial reside na incorporação de fibras de vidro curtas que atuam como um "esqueleto" de suporte interno, ao dispersar tensões e impedir a propagação de fissuras no material. Essa característica a torna particularmente indicada para restaurações posteriores extensas, onde as forças oclusais são elevadas, bem como em situações de grande perda estrutural, como na ausência de cúspides dentárias, em dentes tratados endodonticamente (comumente fragilizados) ou na substituição de restaurações de amálgama infiltradas. Ao fornecer uma base resiliente e de alta resistência, a EverX Posterior (GC) visa prolongar a longevidade da restauração e reduzir o risco de falha catastrófica da estrutura dental remanescente [1, 4, 7, 8, 15].

Em sua composição, a EverX Posterior (GC) emprega fibras de vidro curtas silanizadas, incorporadas em uma matriz resinosa que utiliza monômeros como o Bis-GMA e o TEGDMA. A porcentagem de fibras por peso situa-se na faixa de 5–15%, complementada por uma alta concentração de partículas de carga de vidro de bário (60–70%). Esta composição lhe confere a capacidade de ser aplicada em incrementos volumosos de 4 a 5 mm, uma característica Bulk-Fill que otimiza o tempo clínico sem comprometer a polimerização efetiva, desde que seja utilizada uma luz LED de alta potência por, no mínimo, 10 segundos [1, 4, 7, 8, 9, 12, 13, 15].

Outro exemplo de material, o qual se apresenta como modelo deste estudo, é a resina composta ThinkX da Mult. Em termos de desempenho biomecânico, ela foi concebida para aproximar-se da dentina natural, visto que, a sua formulação avançada, desenvolvida sob o conceito de mimetização tecidual, permite que ela atue como um substituto dentinário com propriedades de reforço estrutural [16]. A incorporação de fibras de vidro E-glass silanizadas é o aspecto distintivo desse material, sendo essencial para o incremento de suas propriedades mecânicas. As fibras de vidro são fibras inorgânicas que variam de acordo com a sua composição (A, C, D, E, R e S-glass), entretanto, as fibras E-glass são as mais utilizadas devido ao seu bom isolamento elétrico, boa resistência mecânica e ao calor e baixo custo. Este

material pode ser apresentado sob a forma de partículas de enchimento ou como fibras [17, 18].

De acordo com o fabricante, as especificações dimensionais das fibras são fundamentais para a eficácia do reforço: elas apresentam comprimento aproximado de  $350\ \mu\text{m}$  e uma razão de aspecto de 25:1. O percentual de incorporação das fibras varia, situando-se entre 10-15% em peso na resina de consistência mais densa, como a que foi testada nesta pesquisa, e até 85% de carga inorgânica, caracterizando uma concentração elevada para maximizar a capacidade de absorção e distribuição de tensões [16]. O alto percentual de carga por volume do material pôde ser evidenciado nas imagens aqui obtidas por microscopia.

Os achados morfológicos da microscopia realizada neste presente estudo corroboram com tais informações, visto que, observou-se a presença de fibras de vidro E-glass curtas com distribuição aleatória, confirmando seu conceito de reforço estrutural tridimensional (3D) projetado para atuar como um substituto dentinário. A confirmação ultraestrutural da disposição aleatória das fibras na ThinkX sugere que o material pode oferecer propriedades fundamentais para a longevidade em restaurações extensas sujeitas a tensões mastigatórias complexas.

Ademais, no que se refere à caracterização mecânica, o ensaio de flexão em três pontos foi realizado para indicar a capacidade do material de suportar uma carga antes de falhar. Este ensaio é importante para prever seu comportamento frente à forças mastigatórias complexas, visto que, durante o teste, a parte superior do corpo de prova fica comprimida e a inferior tracionada. Como materiais dentários geralmente falham por tração, a flexão permite prever a probabilidade de fraturas clínicas [19]. Contudo, por mais que a resina Elóra (FGM), um compósito nanohíbrido com alta concentração de carga particulada, tenha atingido uma tensão média ligeiramente superior a ThinkX (Mult), a diferença entre as médias, não foi suficiente para determinar uma diferença significativa entre as resinas. Em termos práticos, isso significa que não há evidência estatisticamente robusta para afirmar que um material é melhor que o outro em relação à resistência máxima à flexão sob as condições do teste.

Ressalta-se que, resinas convencionais, como a Elóra, tendem a priorizar a resistência à flexão e o módulo de elasticidade por meio da alta concentração de carga inorgânica particulada (no caso, a Zircônia esférica). Essa alta carga é excelente para aumentar a dureza e a capacidade de resistir à deformação. Já as resinas reforçadas por fibras, como a ThinkX,

embora possuam cargas inorgânicas, seu mecanismo de reforço primário está no sistema de fibras curtas E-glass. O propósito dessas fibras, como discutido, é gerenciar e impedir a propagação de falhas (crack propagation), o que está diretamente relacionado à tenacidade à fratura.

A importância de um material restaurador em cavidades extensas não se restringe à sua resistência à flexão pura. É fundamental considerar também o módulo de elasticidade e, sobretudo, a tenacidade à fratura. O Módulo de Elasticidade, que representa a rigidez do material (sua resistência à deformação elástica), é uma propriedade chave para materiais de substituição dentinária. A dentina possui um módulo de elasticidade em torno de 17 GPa [20] e o objetivo da ThinkX, ao atuar como um substituto de dentina, é mimetizar essa rigidez [6]. Um módulo muito elevado transferiria tensões excessivas para a estrutura dental remanescente e para a interface adesiva, aumentando o risco de falha. A formulação de compósitos reforçados por fibras é frequentemente otimizada para atingir este módulo de elasticidade ideal, promovendo uma distribuição de tensões mais harmoniosa entre o dente e a restauração [19, 21].

Assim, o principal achado do ensaio mecânico realizado, é que a nova resina reforçada por fibras curtas não demonstrou ser inferior em resistência à flexão a uma resina nanohíbrida já estabelecida. Isso é um dado muito positivo, pois assegura que a ThinkX possui uma resistência mecânica clinicamente satisfatória para restaurações posteriores. Além disso, seu menor valor de tensão, pode estar relacionado a um menor módulo de elasticidade, ou maior flexibilidade deste material, o que seria uma excelente propriedade para um substituto dentinário [19]. É válido salientar, que por ser uma resina nova no mercado, não foi possível encontrar na literatura outras pesquisas que apresentem valores de resistência à flexão, como os obtidos no presente estudo.

Diante disso, a equivalência estatística na resistência à flexão, combinada com a morfologia ultraestrutural confirmada da ThinkX através da MEV, valida o material como um candidato promissor para substituir a dentina e como material de reforço em restaurações extensas, especialmente em cavidades com comprometimento cuspídeo ou dentina fissurada. Isto reforça a necessidade de estudos futuros focados especificamente na tenacidade à fratura para quantificar seu benefício anti-propagação de trincas, além de ensaios clínicos que comprovem sua eficácia.

## **6 CONCLUSÃO**

Conclui-se que a resina ThinkX demonstrou alta resistência à flexão, comparável à resina nanohíbrida de referência e ultraestrutura com a presença de fibras de vidro esparsas entre partículas de carga de formato e tamanho heterogêneo.

## REFERÊNCIAS

- [1] HADA, Yajuvender Singh; PANWAR, Sumita. Comparison of the fracture resistance of three different recent composite systems in large Class II mesio-occlusal distal cavities: An: in vitro: study. **Journal of Conservative Dentistry and Endodontics**, v. 22, n. 3, p. 287-291, 2019. DOI: [http://dx.doi.org/10.4103/JCD.JCD\\_225\\_18](http://dx.doi.org/10.4103/JCD.JCD_225_18). Acesso em: 14 mar. 2025
- [2] SCHNEIDER, Felipe José *et al.* Restauração em resina composta semidireta em dente posterior: relato de caso. **Rev. Odontol. Araçatuba (Impr.)**, p. 65-71, 2024. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-1553300>. Acesso em: 16 mar. 2025
- [3] GOYATÁ, Frederico dos Reis *et al.* Técnicas alternativas de restauração indireta em resina composta: relato de casos clínicos. **Archives of Health Investigation**, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.21270/archi.v7i7.3018>. Acesso em: 14 mar. 2025
- [4] BAVARIA, Setu *et al.* A comparative evaluation of micro leakage of two different bulk fill composites with Ever X posterior composite for class II restorations by dye extraction method-an in vitro study. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.9790/0853-1603087277>. Acesso em: 09 mar. 2025
- [5] ALMULHIM, Khalid Salman *et al.* Bibliometric analysis of the current status and trends in dental applications of glass fiber-reinforced composites from 1998 to 2022. **Dental and medical problems**, v. 61, n. 5, p. 783-795, 2024. DOI: <http://dx.doi.org/10.17219/dmp/171803>. Acesso em: 14 mar. 2025.
- [6] ISO 4049:2019. Dentistry — Polymer-based restorative materials. **International Organization for Standardization**; 2019. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/67596.html>. Acesso em: 17 mar. 2025.
- [7] AGRAWAL, Vineet Suresh; SHAH, Arpit; KAPOOR, Sonali. Effect of fiber orientation and placement on fracture resistance of large class II mesio-occluso-distal cavities in maxillary premolars: An: in vitro: study. **Journal of Conservative Dentistry and Endodontics**, v. 25, n. 2, p. 122-127, 2022. DOI: [http://www.dx.doi.org/10.4103/jcd.jcd\\_384\\_21](http://www.dx.doi.org/10.4103/jcd.jcd_384_21). Acesso em: 20 mar. 2025.
- [8] ESCOBAR, Lorena Bogado; PEREIRA DA SILVA, Lígia; MANARTE-MONTEIRO, Patricia. Fracture resistance of fiber-reinforced composite restorations: a systematic review and meta-analysis. **Polymers**, v. 15, n. 18, p. 3802, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/polym15183802>. Acesso em: 23 out. 2025.
- [9] ELAZIZ, Rawda H.; MOHAMMED, Mai M.; GOMAA, Hussien AF. Clinical performance of short-fiber-reinforced resin composite restorations vs resin composite onlay restorations in complex cavities of molars (randomized clinical trial). **The Journal of Contemporary Dental Practice**, v. 21, n. 3, p. 296-303, 2019. DOI: [10.5005/jp-journals-10024-2785](https://doi.org/10.5005/jp-journals-10024-2785). Acesso em: 23 out. 2025.
- [10] ALSHABIB, Abdulrahman; JURADO, Carlos A.; TSUJIMOTO, Akimasa. Short fiber-reinforced resin-based composites (SFRCs); Current status and future perspectives. **Dental materials journal**, v. 41, n. 5, p. 647-654, 2022. DOI: <https://doi.org/10.4012/dmj.2022-080>. Acesso em: 23 out. 2025.



- [11] MATINLINNA, Jukka Pekka; LUNG, Christie Ying Kei; TSOI, James Kit Hon. Silane adhesion mechanism in dental applications and surface treatments: A review. **Dental materials**, v. 34, n. 1, p. 13-28, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dental.2017.09.002>. Acesso em: 23 out. 2025.
- [12] RANKA, Suwidhi et al. Comparative evaluation of two different Fiber-Reinforced Composite materials in Class 1 post-endodontic restorations in Molars—A Randomized Clinical Study. **Materials**, v. 15, n. 21, p. 7858, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/ma15217858>. Acesso em: 23 out. 2025.
- [13] ABDULAMIR, Shahed Wissam; MAJEED, Manhal A. Fracture resistance of endodontically treated maxillary premolar teeth restored with wallpapering technique: a comparative in vitro study. **International Journal of Dentistry**, v. 2023, n. 1, p. 6159338, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1155/2023/6159338>. Acesso em: 19 nov. 2025.
- [14] BIJELIC-DONOVA, J. et al. Direct Short-Fiber Reinforced Composite Resin Restorations and Glass-Ceramic Endocrowns in Endodontically Treated Molars: A 4-Year Clinical Study. **The European Journal of Prosthodontics and Restorative Dentistry**, v. 30, n. 4, p. 284-295, 2022. DOI: 10.1922/EJPRD\_2333Bijelic-Donova12. Acesso em: 19 nov. 2025.
- [15] KAPOOR, Neha; BAHUGUNA, Nikhil; ANAND, Surbhi. Influence of composite insertion technique on gap formation. **Journal of Conservative Dentistry and Endodontics**, v. 19, n. 1, p. 77-81, 2016. DOI: 10.4103/0972-0707.173205. Acesso em: 21 nov. 2025.
- [16] MULT BLOCK. **Ficha Técnica e Dados Científicos: Resina Composta Reforçada com Fibras – ThinkX**. Disponível em: <https://multblock.com.br/produtos/resina-composta-reforcada-com-fibras-thinkx/>. Acesso em: 21 nov. 2025.
- [17] ALSHABIB, Abdulrahman et al. Material behavior of resin composites with and without fibers after extended water storage. **Dental Materials Journal**, v. 40, n. 3, p. 557-565, 2021. DOI: doi:10.4012/dmj.2020-028. Acesso em: 21 nov. 2025.
- [18] NEZIR, Merve et al. Effect of fiber-reinforced direct restorative materials on the fracture resistance of endodontically treated mandibular molars restored with a conservative endodontic cavity design. **Clinical Oral Investigations**, v. 28, n. 6, p. 316, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00784-024-05720-4>. Acesso em: 21 nov. 2025.
- [19] LUKARCANIN, Jusuf et al. Comparison of different restoration techniques for endodontically treated teeth. **International Journal of Biomaterials**, v. 2022, n. 1, p. 6643825, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1155/2022/6643825>. Acesso em: 21 nov. 2025.
- [20] DURGA, Indukuri Sai Lakshmi et al. Comparative evaluation of the effect of adhesive restorative composite resins on the reinforcement of peri-cervical dentin: An in vitro study. **Journal of Conservative Dentistry and Endodontics**, v. 25, n. 2, p. 151-155, 2022. DOI: [https://doi.org/10.4103/jcd.jcd\\_487\\_21](https://doi.org/10.4103/jcd.jcd_487_21). Acesso em: 21 nov. 2025.
- [21] SOTO-CADENA, Sabrina L. et al. Effect of short fiber-reinforced composite combined with polyethylene fibers on fracture resistance of endodontically treated premolars. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 129, n. 4, p. 598. e1-598. e10, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2023.01.034>. Acesso em: 21 nov. 2025.

## ANEXO A - NORMAS DA REVISTA

Revista Dental Materials

ISSN 0109-5641 - Qualis A1

### Estrutura do artigo

Esta seção descreve a estrutura dos artigos para esta revista.

### Seções

Divida seu artigo em seções claramente definidas e numeradas. As subseções devem ser numeradas como 1.1 (depois 1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. (o resumo não está incluído na numeração das seções). Use essa numeração também para referências internas: não se refira apenas ao "texto". Cada subseção pode receber um título breve. Cada título deve aparecer em uma linha separada.

### Introdução

Este documento deve ser apresentado em formato estruturado, abrangendo os seguintes assuntos, embora não devam ser incluídos subtítulos:

- declarações sucintas sobre o assunto em questão;
- a essência do conhecimento e da compreensão existentes pertinentes à questão (referência);
- Os objetivos e metas da pesquisa relatada, relacionando-a à odontologia, quando não forem óbvios.

### Materiais e métodos

- descrever os procedimentos e as técnicas analíticas.
- Cite apenas referências a métodos publicados.
- Incluir, no mínimo, detalhes gerais sobre a composição e os números de lote de todos os materiais.
- Identificar os nomes e as fontes de todos os produtos comerciais, por exemplo: "O compósito (Marca, Empresa Odontológica, Cidade, Estado/Região, País)..."
- Especificar os métodos de teste de significância estatística e o nível de significância (incluindo o software estatístico utilizado).

### Resultados

- Consulte as tabelas e figuras apropriadas.
- Evite comentários subjetivos.
- não faça referência à literatura anterior.
- Apresentar resultados estatísticos.

## **Discussão**

- Explicar e interpretar dados.
- Analisar as implicações dos resultados, relacionadas à composição.
- Indicar as limitações das conclusões.
- Relacionar-se com outras pesquisas relevantes.

## **Conclusão (se incluída)**

- Não deve repetir os Resultados ou a Discussão.
- Deve declarar de forma concisa a inferência, o significado ou as consequências.

## **Apêndices**

Se houver mais de um apêndice, eles devem ser identificados como A, B, etc. Fórmulas e equações em apêndices devem receber numeração separada: Eq. (A.1), Eq. (A.2), etc.; em um apêndice subsequente, Eq. (B.1) e assim por diante. Da mesma forma para tabelas e figuras: Tabela A.1; Fig. A.1, etc.

## **Legendas para tabelas e figuras**

- Liste tudo em uma página separada.
- Deve ser completo e compreensível independentemente do texto.
- Incluir legenda para os símbolos ou abreviações usados nas figuras.
- Os dentes individuais devem ser identificados usando o sistema de dois dígitos da FDI.

## **Tabelas**

Envie as tabelas como texto editável e não como imagens. As tabelas podem ser inseridas junto ao texto correspondente no artigo ou em páginas separadas no final. Numere as tabelas consecutivamente de acordo com a ordem em que aparecem no texto e coloque as notas explicativas abaixo do corpo da tabela. Utilize tabelas com parcimônia e certifique-se de que os dados nelas apresentados não dupliquem resultados já descritos em outras partes do artigo. Evite o uso de linhas verticais e sombreamento nas células das tabelas.

## Referências

Deve agora ser fornecido **de acordo com o seguinte sistema numérico** :

Cite as referências no texto em ordem numérica. Use colchetes: no mesmo texto, não em sobrescrito, por exemplo, [23]. Todas as referências devem ser listadas no final do artigo, com espaçamento duplo e sem recuos. Por exemplo: 1. Moulin P, Picard B e Degrange M. Resistência à água de juntas adesivas com resina em função do tempo e dos tratamentos de superfície da liga. J Dent, 1999; 27:79-87. 2. Taylor DF, Bayne SC, Sturdevant JR e Wilder AD. Comparação de métodos diretos e indiretos para análise do desgaste de restaurações de compósito posteriores. Dent Mater, 1989; 5:157-160. Evite citar resumos, se possível. Caso seja inevitável, cite da seguinte forma: 3. Demarest VA e Greener EH. Módulos de armazenamento e parâmetros de interação de compósitos dentários experimentais. J Dent Res, 1996; 67:221, Resumo nº 868.

## Citação no texto

Certifique-se de que todas as referências citadas no texto também estejam presentes na lista de referências (e vice-versa). Todas as referências citadas no resumo devem ser apresentadas por extenso. Resultados não publicados e comunicações pessoais não são recomendados na lista de referências, mas podem ser mencionados no texto. Caso essas referências sejam incluídas na lista de referências, elas devem seguir o estilo padrão de referência da revista e devem incluir a substituição da data de publicação por "Resultados não publicados" ou "Comunicação pessoal". A citação de uma referência como "no prelo" implica que o artigo foi aceito para publicação.

## Links de referência

A maior visibilidade da pesquisa e a revisão por pares de alta qualidade são garantidas por links online para as fontes citadas. Para que possamos criar links para serviços de indexação e resumo, como Scopus, Crossref e PubMed, certifique-se de que os dados fornecidos nas referências estejam corretos. Observe que sobrenomes, títulos de periódicos/livros, ano de publicação e paginação incorretos podem impedir a criação do link. Ao copiar referências, tenha cuidado, pois elas podem já conter erros. O uso do DOI é altamente recomendado.

## Estilo de referência

*Texto:* Indique as referências por número(s) entre colchetes, em linha com o texto. Os autores podem ser mencionados, mas o(s) número(s) da(s) referência(s) deve(m) sempre ser fornecido(s).

*Lista:* Numere as referências (números entre colchetes) na lista na ordem em que aparecem no texto.

*Exemplos:*

Referência a uma publicação em periódico:

[1] Van der Geer J, Hanraads JA, Lupton RA. A arte de escrever um artigo científico. 163:51-9. <https://doi.org/10.1016/j.Sc.2010.00372>.

Um DOI tem a garantia de nunca mudar, portanto, você pode usá-lo como um link permanente para qualquer artigo eletrônico. Um exemplo de citação usando DOI para um artigo ainda não publicado é: VanDecar JC, Russo RM, James DE, Ambeh WB, Franke M. (2003). Aseismic continuation of the Lesser Antilles slab beneath northeastern Venezuela. *Journal of Geophysical Research*, <https://doi.org/10.1029/2001JB000884>. Observe que o formato dessas citações deve seguir o mesmo estilo de todas as outras referências no artigo.

## Referências da Web

No mínimo, deve ser fornecido o URL completo e a data do último acesso à referência. Quaisquer outras informações disponíveis (DOI, nomes dos autores, datas, referência à publicação original, etc.) também devem ser fornecidas. As referências da web podem ser listadas separadamente (por exemplo, após a lista de referências) sob um título diferente, se desejado, ou podem ser incluídas na lista de referências.

## Referências de dados

Esta revista incentiva você a citar os conjuntos de dados subjacentes ou relevantes em seu manuscrito, mencionando-os no texto e incluindo uma referência de dados na sua Lista de Referências. As referências de dados devem incluir os seguintes elementos: nome(s) do(s) autor(es), título do conjunto de dados, repositório de dados, versão (quando disponível), ano e identificador persistente global. Adicione [dataset] imediatamente antes da referência para que possamos identificá-la corretamente como uma referência de dados. O identificador [dataset] não aparecerá no seu artigo publicado.