



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

DANIELLI DE OLIVEIRA FINK

**AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA À FLEXÃO DE
COMPÓSITOS COM EFEITO DE MESCLAGEM**

Londrina
2022

DANIELLI DE OLIVEIRA FINK

**AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA À FLEXÃO DE
COMPÓSITOS COM EFEITO DE MESCLAGEM**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
à Universidade Estadual de Londrina - UEL,
como requisito parcial para a obtenção do título
de Cirurgiã-Dentista.

Orientador: Prof. Dr. Murilo Baena Lopes

Londrina
2022

DANIELLI DE OLIVEIRA FINK

**AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA À FLEXÃO DE COMPÓSITOS COM
EFEITO DE MESCLAGEM**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Estadual de
Londrina - UEL, como requisito parcial para
a obtenção do título de Cirurgiã-Dentista

BANCA EXAMINADORA

Prof. Orientador: Prof. Dr. Murilo Baena
Lopes
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dra. Eloisa Helena Aranda Garcia de
Souza
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Londrina, ____ de _____ de ____.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por todas as bênçãos durante todos esses anos, sempre proporcionando oportunidades e conquistas, pois sem Ele nada se faria possível.

A minha família, em especial aos meus pais, Ivone e Miguel, que sempre estiveram ao meu lado me apoiando, por todo o trabalho dedicado a mim e ao meu estudo.

Aos meus tios, Sandra, Silverio, Elisangela e Carlos, por sempre acreditarem em mim e, por contribuírem para que este sonho se tornasse realidade.

Ao Prof. Dr. Murilo Baena Lopes por ter sido meu orientador e ter desempenhado tal função com paciência, dedicação e amizade. Grata pela oportunidade de realizar esta pesquisa.

À Prof^a Dr. Eloisa Helena Aranda Garcia de Souza, componente da banca, por toda a sua sutileza e amor.

A todos os professores que contribuíram, pelas correções e ensinamentos que me permitiram apresentar um melhor desempenho no meu processo de formação profissional ao longo do curso.

Às pessoas com que convivi ao longo desses anos de curso, que me incentivaram e que certamente tiveram impacto na minha formação acadêmica, em especial, Mylena Garcia Costa, minha dupla de clínica e amiga, que esteve ao meu lado em todos os momentos de aprendizagem, dificuldade, alegria e exaustão.

A minha colega de pesquisa Camila Andrade Franco, por toda ajuda durante a realização da pesquisa e sua amizade.

A Universidade Estadual de Londrina, pelo aprendizado, pelas oportunidades e pelo acolhimento durante todos os anos de graduação.

FINK, Danielli de Oliveira. **Avaliação da resistência à flexão de compósitos com efeito de mesclagem**. 2022. 19 folhas. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Odontologia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2022.

RESUMO

Recentemente surgiu no mercado resinas compostas odontológicas com sistemas de cores simplificados, implicando em uma modificação de composição, com isso torna-se interessante verificar seu comportamento físico-mecânico. Este trabalho foi um estudo laboratorial que teve como objetivo comparar a resistência à flexão de resinas compostas com efeito de mesclagem. As resinas compostas Filtek Universal na cor D3, Vittra APS Unique e Filtek Z-350 na cor A2 foram utilizadas. Foram confeccionadas 10 amostras de cada resina em formato de bastão com dimensões de 25 mm de comprimento, 2 mm de largura e 2 mm de espessura. Após a inserção da resina, uma tira de poliéster transparente foi colocada na superfície da matriz bipartida e pressionada com uma placa de vidro para obter-se uma amostra com superfície lisa e sem excessos previamente a polimerização. Após a polimerização das amostras seguindo o tempo recomendado pelo fabricante, as amostras foram armazenadas em água destilada a 37°C por 24 horas. As amostras foram submetidas ao teste de resistência à flexão de três pontos em uma máquina universal de ensaios universal. Os dados foram submetidos ao teste Kolmogorov-Smirnov para normalidade, ANOVA e ao teste de Tukey com 5% de nível de significância. Foi possível observar que a Filtek Universal ($40,69 \pm 4,14$) apresentou maior resistência que a Filtek Z-350 ($33,10 \pm 6,04$), porém sem diferir da Vittra Unique ($37,20 \pm 3,88$). Com isso, pode-se concluir, dentro das limitações do trabalho, que as resinas Filtek Universal tiveram suas características mecânicas melhoradas, enquanto a Vittra Unique manteve as características da resina convencional padrão-ouro.

Palavras-chave: resina composta; mesclagem; resistência à flexão.

FINK, Danielli de Oliveira. **Evaluation of flexural strength of composites with blending effect.** 2022. 19 folhas. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Odontologia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2022.

ABSTRACT

Recently, composite dental resins with simplified color systems have appeared on the market, implying a change in composition, which makes it interesting to verify their physical-mechanical behavior. This work was a laboratory study that aimed to compare the flexural strength of composite resins with a blending effect. The composite resins Filtek Universal in color D3, Vittra APS Unique and Filtek Z-350 in color A2 were used. Ten samples of each resin were made in a stick format with dimensions of 25 mm in length, 2 mm in width and 2 mm in thickness. After insertion of the resin, a strip of transparent polyester was placed on the surface of the bipartite matrix and pressed with a glass plate to obtain a sample with a smooth surface and without excesses prior to polymerization. After polymerization of the samples following the time recommended by the manufacturer, the samples were stored in distilled water at 37°C for 24 hours. The samples were submitted to a three-point bending strength test in a universal testing machine. Data were submitted to the Kolmogorov-Smirnov test for normality, ANOVA and the Tukey test with a 5% significance level. It was possible to observe that Filtek Universal (40.69 ± 4.14) presented greater strength than Filtek Z-350 (33.10 ± 6.04), but without differing from Vittra Unique (37.20 ± 3.88). Thus, it can be concluded, within the limitations of the work, that Filtek Universal resins had their mechanical characteristics improved, while Vittra Unique maintained the characteristics of the conventional gold standard resin.

Key-words: composite resin; merge; flexural strength.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Média e desvio padrão (MPa)	13
---	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	09
2	METODOLOGIA	11
2.1	Confecções das amostras	11
2.2	Teste de flexão	11
2.3	Análise estatística	12
3	RESULTADOS	13
4	DISCUSSÃO	14
5	CONCLUSÃO	17
6	REFERÊNCIAS	18

1 INTRODUÇÃO

As resinas compostas são amplamente utilizadas como materiais restauradores em odontologia devido a suas características estéticas, de manuseio e tempo de trabalho controlado ⁽¹⁾. Melhoras tecnológicas ocorreram em resposta à crescente demanda de pacientes por estética e à conseqüente demanda de médicos por materiais com características ópticas semelhantes às dos dentes naturais. As resinas compostas recentes exibem uma ampla variedade de cores e efeitos, o que facilita diferentes combinações de translucidez e opacidade ⁽²⁾. Além disso, são mais fáceis de manusear e inserir, além de facilitar a escultura da anatomia dental. Diante dessas melhorias, intervenções com resinas compostas possibilitaram o restabelecimento de detalhes específicos e individuais existentes na dentição natural, de maneira satisfatória estética e praticamente imperceptível à visão humana ⁽³⁾.

Inúmeros estudos têm mostrado que as propriedades de polimerização da resina composta dependem do seu grau de conversão ⁽⁴⁾. Quanto maior o grau de conversão maior a resistência do material. Os dados de resistência de flexão, por ter as três forças (cisalhamento, tração e compressão) ocorrendo simultaneamente é de imprescindível importância para se prever o comportamento dos materiais. Torna-se essencial compreender o comportamento mecânico de compósitos novos, porque embora excelentes resultados estéticos podem ser obtidos com as resinas compostas diretas atuais, estas ainda apresentam desvantagens, tais como a contração de polimerização, adesão à dentina, que podem levar a infiltração marginal, sensibilidade pós-operatória e diminuição da força adesiva dentinária ⁽⁵⁾.

Atualmente, os compósitos nano-híbridos e nanoparticulados são considerados materiais restauradores universais à base de resina, adequados para a restauração de dentes anteriores e posteriores devido às suas excelentes propriedades estéticas ⁽⁶⁾. Mais recentemente resinas compostas nanohíbridas com efeito de mesclagem foram introduzidas no mercado, com a função de simplificar a escolha de cor, com variação menor de cor, conseqüentemente reduzindo a quantidade de resinas que o clínico deve comprar.

Com isso, é importante analisar as propriedades mecânicas desses materiais para verificar se não houve redução em detrimento das modificações da composição

para se conseguir o efeito de mesclagem. O teste de flexão é um teste complexo que consegue contemplar tais respostas.

2 METODOLOGIA

As resinas compostas Filtek Universal, Vittra APS unique e Filtek Z-350 na cor A2E foram utilizadas para os testes. Filtek Z-350 utilizada como controle por ser considerado o padrão-ouro para compósitos odontológicos.

2.1 CONFECÇÃO DAS AMOSTRAS

Para o presente estudo, foram confeccionados 10 bastões de cada resina em matrizes de teflon bipartidas isoladas com vaselina sólida branca com dimensões de 25 mm de comprimento, 2 mm de largura e 2 mm de espessura conforme a determinação 4049 da ISO ⁽⁷⁾.

Após a inserção da resina, uma tira de poliéster transparente foi colocada na superfície da matriz bipartida e pressionada com uma placa de vidro para obter-se uma amostra com superfície lisa e sem excessos previamente a polimerização. As amostras foram virtualmente divididas em 3 regiões consecutivas, e cada uma delas polimerizadas seguindo o tempo recomendado pelo fabricante. Isso é necessário para que todas as regiões da amostra sejam polimerizadas, considerando a discrepância de tamanho entre a ponta fotoativadora e o tamanho da amostra. As amostras foram então armazenadas em água destilada a 37⁰C por 24h.

Após, os espécimes foram removidos da matriz e o acabamento das amostras foi realizado manualmente, sob refrigeração à água, com lixa de carbureto de silício granulação 1200. (Norton S.A., São Paulo, SP).

Posteriormente, os espécimes foram armazenados em água destilada, em estufa a 37⁰C, por 24 h.

2.2 TESTE DE FLEXÃO

Decorrido o período de 24 horas, as dimensões de cada espécime foram mensuradas com um paquímetro digital (Mitutoyo, Tóquio, Japão), com precisão de 0,01 mm. O teste de flexão de três pontos foi realizado em máquina de ensaios mecânicos (DL2000, EMIC), a uma velocidade de 0,5 mm/min. Cada amostra foi posicionada sobre um dispositivo com distância de 5 mm entre dois suportes

metálicos. A resistência à flexão (RF) foi calculada pela fórmula: $RF = 3P_f L / 2WH^2$, em que P_f era a carga máxima necessária para fratura do espécime (N), L a distância entre os suportes (5 mm), W a largura do espécime (mm) e H a espessura do mesmo (mm).

O teste de flexão foi monitorado por meio de um software em um computador conectado à máquina mecânica de ensaios Biopdi (São Carlos, SP, Brasil), o qual gerou um gráfico 'tensão × deformação' automaticamente durante o teste. O módulo de elasticidade (E), para cada espécime, foi calculado a partir da porção linear da curva 'tensão x deformação', que corresponde à deformação elástica do material, utilizando a fórmula: $E = (\Delta F / \Delta y) \times (L^3 / 4WH^3)$, em que $\Delta F / \Delta y$ será a alteração de força (ΔF) por unidade de alteração da deflexão do centro do espécime (Δy), L a distância entre os suportes (5 mm), W a largura do espécime (mm) e H a espessura do mesmo (mm).

2.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados do teste de resistência à flexão foram submetidos ao teste *Kolmogorov - Smirnov* para normalidade, seguida pelo teste ANOVA *one-way* e teste de *Tukey* com nível de significância de 5%.

3 RESULTADOS

Na tabela 1 encontram-se os resultados do teste de flexão. Foi possível observar que a Filtek Universal apresentou maior resistência que a Filtek Z-350, porém sem diferir da Vittra Unique.

Tabela 1 - Média e desvio padrão (MPa)

Resinas compostas	Desvio padrão
Filtek Z-350	33,10±6,04 b
Filtek Universal	40,69±4,14 a
Vittra Unique	37,20±3,88 ab

*Letras diferentes indicam diferença estatística pelo teste de Tukey com 5% de nível de significância

Fonte: o próprio autor

4 DISCUSSÃO

A crescente demanda dos pacientes por procedimentos odontológicos estéticos e duradouros impulsiona a pesquisa científica e o aperfeiçoamento da produção e materiais restauradores, com propriedades físicas e mecânicas mais eficientes ⁽⁸⁾. Dentre os materiais empregados na clínica odontológica, a resina composta tem grande destaque, pois apresenta uma técnica operatória relativamente simples e alcança resultados bastante satisfatórios ⁽⁹⁾. As novas resinas compostas melhoraram a tecnologia de preenchimento, modificações em matrizes orgânicas e um maior grau de polimerização que melhora suas propriedades mecânicas e físicas ⁽¹⁰⁾. A busca por restaurações estéticas fez com que houvesse uma evolução nos materiais restauradores, surgindo assim as resinas à base de monômeros, como Bis-EMA, TEGDMA e UDMA ⁽¹¹⁾.

As restaurações de resina composta, tanto para dentes anteriores como para dentes posteriores, são invariavelmente submetidas a uma tensão flexural considerável. A resistência dos materiais restauradores a essa força mecânica é de grande relevância clínica, já que está presente quando, no ato da mastigação, incidem diferentes forças no dente e na restauração ⁽¹²⁾. Somando as tensões de compressão, tração e de cisalhamento, o ensaio de resistência flexural se aproxima da natureza dinâmica das forças mecânicas existentes na mastigação ⁽¹³⁾. O teste de resistência à flexão é realizado para verificar a resistência máxima ao dobramento de um material antes que ocorra a fratura, sendo o mais indicado para simular e identificar alterações estruturais do material ⁽¹⁴⁾.

De acordo com informações do fabricante, a resina Filtek Z-350 possui em sua composição BIS-GMA, BIS-EMA, UDMA com pequenas quantidades de TEGDMA. Sua quantidade de carga é uma combinação de nanopartículas de sílica não aglomerada/não agregada de 20 nm e nanoaglomerados de zircônia/sílica, aglomerados ligados livremente, consistindo em aglomerados de partículas primárias de zircônia/sílica com cargas de tamanho entre 5-20 nm. O tamanho da partícula aglomerada varia entre 0.6 e 1.4 microns. A porcentagem de carga é de 78.5%, em peso ⁽¹⁵⁾. A combinação de partículas nanométricas para as formulações de nanoaglomerados reduz o espaço intersticial das partículas de carga. Isso aumenta a porcentagem de carga e melhora das propriedades físicas e a retenção do polimento em comparação com compósitos que contém apenas nanoaglomerados.

Os aglomerados agem como uma unidade única, proporcionando maior porcentagem de carga e resistência ⁽¹⁵⁾. O composto TEGDMA presente na resina Filtek Z-350 possui um baixo peso molecular e um elevado número de ligações duplas resultantes por unidade de peso, criam um alto grau de encadeamento cruzado, produzindo assim uma resina muito rígida, com uma quantidade de contração relativamente elevada ⁽¹⁵⁾.

A resina Vittra APS Unique é nanoparticulada composta por uma mistura de monômeros metacrílicos, iniciadores APS, silano, partículas de zircônia e sílica (0,2µm). A formulação de Vittra APS é livre de Bis-GMA e Bis-EMA em sua formulação, seguindo a tendência atual de produtos livres de Bisfenol A (BPA) ⁽¹⁶⁾. Seu percentual de carga (volume/peso) é de 52 - 60 / 72 - 82 ⁽¹⁶⁾. O compósito tem como sistema fotoiniciador o APS, acrônimo de Advanced Polymerization System (Sistema de Polimerização Avançado). APS confere grande poder de polimerização permitindo maior grau de conversão, resultando assim em elevada resistência ⁽¹⁷⁾.

A resina Filtek Universal contém cerâmica silanizada tratada, dimetacrilato de uretano aromático (AUDMA), diuretano dimetacrilato (UDMA), fluoreto de itérbio (YBF3), adição-fragmentação monômeros (AFM), diuretano-DMA e 1,12-dodecano-DMA. Tem uma combinação de um material não aglomerado/não agregado de sílica de 20 nm, zircônia não aglomerada/não agregada de 4 a 11 nm, agregado de zircônia/sílica (composto por 20 nm sílica e partículas de zircônia de 4 a 11 nm), e trifluoreto de itérbio consistindo em partículas aglomeradas de 100 nm. A quantidade de carga inorgânica é aproximadamente 76,5% em peso (58,4% em volume)⁽¹⁸⁾.

Para criar um composto universal que pudesse reduzir ainda mais a tensão de contração, dois monômeros de metacrilato proprietários AUDMA e AFM são combinados, eles agem para diminuir o estresse de polimerização. Durante a polimerização, AFM reage no polímero em desenvolvimento da matriz de metacrilato, incluindo a formação de ligações cruzadas entre cadeias poliméricas adjacentes. AFM contém um terceiro sítio reativo que cliva através de um processo de fragmentação durante a polimerização. Este processo fornece um mecanismo para o relaxamento da rede em desenvolvimento e subsequente alívio do estresse. Os fragmentos, no entanto, ainda retêm a capacidade de reagir com cada outro ou com outros locais reativos do polímero em desenvolvimento. Desta forma, o alívio do estresse é possível enquanto mantém as propriedades físicas do polímero ⁽¹⁸⁾.

Ao aplicar os dois monômeros inovadores de baixo estresse, AUDMA e AFM,

a um composto universal, e usando uma técnica de colocação incremental, a tensão de retração pode ser ainda mais reduzida em comparação com os tradicionais compósitos universais. Os monômeros exclusivos AUDMA e AFM presentes na resina Filtek Universal tiveram melhora da resistência mecânica e excelente resistência ao desgaste ⁽¹⁸⁾.

Embora a resina Filtek Z350 seja categorizada como nanoparticulada, a mesma possui partículas de zircônia/sílica da ordem de 0,6 - 1,4 μm , e, por isso deveria ser classificada como nano-híbrida. Por outro lado, esta mesma resina demonstrou um comportamento bastante similar ao da resina Vittra, a qual pode ser verdadeiramente considerada como uma resina nanoparticulada. O fato é que quanto menor o tamanho da partícula, maior a quantidade de silano necessária para se promover o adequado tratamento superficial da partícula e consequente interação química entre carga e matriz orgânica ⁽¹⁶⁾.

Os monômeros exclusivos AUDMA e AFM presentes apenas na resina Filtek Universal tiveram melhora da resistência mecânica e excelente resistência ao desgaste tendo um melhor resultado quanto à flexão ⁽¹⁸⁾. Com a utilização da nanotecnologia, foi possível a redução do tamanho das partículas de carga para uma escala 0,5 a 0,75 nm. Dessa forma, houve uma evolução nas propriedades das resinas compostas, reduzindo o estresse de polimerização, a contração de polimerização e aumentando a resistência ao desgaste, alcançando excelente lisura superficial e estabilidade de cor ⁽¹⁹⁾.

5 CONCLUSÃO

Pode concluir, dentro das limitações do trabalho, que a resina Filtek Universal apresentou características mecânicas melhoradas, enquanto a Vittra Unique foi similar às características da resina convencional padrão-ouro Filtek Z-350. Assim sendo, não houve redução nas propriedades mecânicas em detrimento das modificações da composição para se conseguir o efeito de mesclagem.

REFERÊNCIAS

1. Karacolak G, Turkun LS, Boyacioglu H, Ferracane JL. Influence of increment thickness on radiant energy and microhardness of bulk-fill resin composites. *Dent Mater J*. 2018 Mar 30;37(2):206-213. doi: 10.4012/dmj.2017-032. Epub 2017 Nov 23. PMID: 29176302.
2. Nahsan FP, et al. Clinical strategies for esthetic excellence in anterior tooth restorations: understanding color and composite resin selection. *J Appl Oral Sci*. Mar-Apr 2012; v. 20, n. 2, p. 151-6. Doi: 10.1590/S1678-77572012000200005>. Epub 31 May 2012. ISSN 1678-7765.
3. De Araujo EM Jr, Baratieri LN, Monteiro S Jr, Vieira LC, De Andrade MA. Direct adhesive restoration of anterior teeth: Part 2. Clinical protocol. *Pract Proced Aesthet Dent*. Jun 2003; v. 15, n. 5, p. 351-7; quiz 359.
4. Asmussen E. Factors affecting the quantity of remaining double bonds in restorative resin polymers. *Scand J Dent Res*. 1982 Dec;90(6):490-6. doi: 10.1111/j.1600-0722.1982.tb00767.x. PMID: 6218604.
5. Hirata R, et al. Shrinkage assessment of low shrinkage composites using micro-computed tomography. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. 2015 May;103(4):798-806. doi: 10.1002/jbm.b.33258. Epub 2014 Aug 13. PMID: 25115608.
6. Leinfelder KF. Posterior composite resins: the materials and their clinical performance. *J Am Dent Assoc*. 1995 May;126(5):663-4, 667-8, 671-2 passim. doi: 10.14219/jada.archive.1995.0247. PMID: 7759692.
7. ORGANIZATION, I. S. Dentistry — Polymer-based restorative materials. ISO 4049. 2009.
8. Borges ALS, Borges AB, Barcellos DC, Saavedra GSFA, Paes TJA Jr, Rode SM. Avaliação da resistência flexural e módulo de elasticidade de diferentes resinas compostas indiretas. *Revista da Pós-Graduação da FOUSP*. Apr 2012; v.19, p. 50-60.
9. Jerônimo JRM. Influência de diferentes métodos de manipulação utilizando um compósito restaurador. Monografia de conclusão (Graduação em Odontologia). Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2014; 50f.
10. Korkmaz Y, Ozel E, Attar N, Aksoy G. The Influence of One-step Polishing Systems on the Surface Roughness and Microhardness of Nanocomposites. *Operative Dentistry*. 2008; 33-1, 44-50.

11. Araújo AR, Medeiros ML, Rodrigues CDT, Gonçalves AR. Avaliação de três métodos de ativação complementar sobre a dureza superficial de resinas compostas diretas. *Robrac* 2009; 18(47):28-33.
12. Pains MB. Influência do método experimental na resistência flexural de materiais restauradores: ensaio mecânico, análise por elementos finitos e fractografia [dissertação]. Uberlândia (MG): Universidade Federal de Uberlândia; 2011.
13. Guerra MR. Avaliação de uma resina composta direta com polimerização adicional por meio de teste de resistência flexional e módulo de elasticidade [dissertação]. Salvador (BA): Escola de Medicina e Saúde Pública; 2013.
14. Mallmann A, Jesus SS, Teixeira A, Fontes CM, Jacques LB. Resistência flexural de resinas compostas imersas em diferentes líquidos. *Robrac* 2009; 18(45):11-7.
15. Perfil Técnico Resina Filtek Z-350.
<https://multimedia.3m.com/mws/media/656233O/perfil-tecnico-filtek-z350-xt.pdf>.
16. Oliveira RR. Estabilidade físico-químicas de resinas compostas dentais. [Trabalho de conclusão de curso]. Juiz de fora (MG): Universidade Federal de Juiz de Fora; 2019.
17. Perfil Técnico Resina Filtek Universal.
<https://multimedia.3m.com/mws/media/1775093O/filtek-universal-ss-pt-la.pdf>.
18. Kramer N, Reinelt C, Frankenberger R. Ten-year clinical performance of posterior resin composite restorations. *J. Adhes. Dent*, New Malden. 2015; v. 17, n. 5, p. 433-41.