XXXIII Congresso de Iniciação Científica da Unicamp

EFEITOS DO MODO DE POLIMERIZAÇÃO NAS PROPRIEDADES FÍSICAS DE RESINAS COMPOSTAS

Palavras-Chave: [[FOTOPOLIMERIZAÇÃO]], [[RESINAS COMPOSTAS]], [[GRAU DE CONVERSÃO]], [[RESISTÊNCIA À FLEXÃO]], [[MÓDULO DE ELASTICIDADE]].

Autores/as:

Eduardo Alves Vilas Bôas (aluno) [FOP-UNICAMP]

Vitaliano Gomes de Araújo Neto (colaborador) [FOP-UNICAMP]

Paulo Matias Moreira (colaborador) [FOP-UNICAMP]

Fabrício Mezzomo Collares (colaborador) [FOP-UNICAMP]

Prof. Dr. Marcelo Giannini (orientador) [FOP-UNICAMP]

---

1. INTRODUÇÃO

A fotopolimerização é uma etapa decisiva na longevidade, durabilidade e resistência das restaurações de resina compostas fotopolimerizáveis, uma vez que permite a conversão dos monômeros em cadeias poliméricas, conferindo a resina suas propriedades mecânicas (Maktabi H et al., 2018). Atualmente, são comercializadas resinas compostas com diferentes sistemas fotoiniciadores, o que varia a influencia no grau de conversão delas (Pfeifer CS et al.,2009). Cada sistema fotoiniciador exige a radiação luminosa em comprimentos de onda específicos para iniciar a reação de polimerização (Schneider LF et al., 2012). Desse modo, é importante avaliar o efeito de diferentes modos de fotoativação na resistência à flexão, no módulo de elasticidade e no grau de conversão de resinas compostas contendo diferentes fotoiniciadores.

1.1 OBJETIVO

Avaliar o efeito de modos de fotoativação (padrão, apenas luz violeta e combinação deles) na resistência à flexão, no módulo de elasticidade e no grau de conversão de resinas compostas contendo diferentes fotoiniciadores.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Foram avaliadas quatro resinas compostas de diferentes fabricantes, cada uma com recomendações específicas de fotoativação: 1- Z100 (Solventum) requer 20 segundos de exposição com irradiância mínima de 400 mW/cm², dentro da faixa de 400 a 500 nm; 2- Tetric N-Ceram (Ivoclar Vivadent) também demanda 20 segundos, porém com irradiância mínima de 500 mW/cm² na mesma faixa espectral; 3- Resina Vittra APS Unique (FGM) possui recomendação de 20 segundos com intensidade superior a 450 mW/cm², na faixa entre 400 e 500 nm; 4 - Transcend (Ultradent) requer 20 segundos com irradiância mínima de 800 mW/cm², cobrindo uma faixa espectral mais ampla, de 385 a 515 nm.

2.1 Caracterização da luz

Uma unidade fotopolimerizadora (LCU) de LED multipico (Valo X, Ultradent, South Jordan, Utah, Estados Unidos) foi utilizada neste estudo. As potências radiantes espectrais da LCU foi medida usando um espectrorradiômetro de fibra óptica (Flame-T, Ocean Insight, Orlando, FL, EUA) conectado a uma esfera integradora de 6 polegadas de diâmetro (Labsphere, North Sutton, NH, EUA), previamente calibrada com uma lâmpada de calibração interna rastreável ao NIST (ICS-600, Labsphere). A ponteira foi posicionada na entrada da esfera para capturar toda a luz emitida pela LCU a uma distância de 0 mm. A saída de luz foi registrada utilizando o software OceanView (Ocean Insight, Orlando, FL, EUA), que forneceu a potência total emitida e a potência radiante espectral. A potência foi multiplicada pelo tempo de exposição para obter a energia (J) entregue ao dente por cada LCU. Para determinar a exitância radiante, o diâmetro interno da ponteira foi medido com um paquímetro digital (Mitutoyo, Canada Inc, Mississauga, ON, Canadá) e a área de emissão óptica da ponteira foi calculada. Este valor foi usado para dividir a potência (W) e obter a exitância radiante total (mW/cm^2) para cada modo de exposição: padrão, apenas violeta e fotopolimerização adicional (padrão + violeta).

2.2 Ensaio de resistência à flexão e módulo de elasticidade

Espécimes com formato de barras das resinas compostas foram confeccionadas e submetidas a um ensaio de resistência à mini-flexão (10mm de comprimento x 2 mm de largura x 2 mm de altura) em três pontos, com dimensões reduzidas, diferentemente das recomendadas pela ISO 6872/2015. Os testes foram realizados em uma máquina universal de ensaios (ODEME-ISO150; Anchieta, SC, Brasil). Os dois apoios inferiores foram posicionados a 6 mm de distância, e a ponta de carregamento foi aplicada no centro da superfície superior, com velocidade de deslocamento de 1,0 mm/min e célula de carga de 100 kgf. De acordo com esse protocolo, a carga foi aplicada perpendicularmente ao centro da barra até a fratura. A curva carga/deflexão foi registrada, juntamente com a força máxima aplicada, que representou o valor da resistência à flexão em MPa.

A resistência à flexão (σ) foi calculada pela equação:

$\sigma = 3lF/2wh^2$

Em que: **l** é a distância (mm) entre os apoios inferiores; **F** é a carga crítica (N) aplicada no momento da fratura; **h** é a espessura (mm) do corpo de prova; **w** é a largura (mm) do corpo de prova (Yap et al., 2018).

2.3 Grau de conversão (DC)

O grau de conversão foi avaliado por espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier (FTIR) em tempo real (Prestige21; Shimadzu, Tóquio, Japão), equipada com dispositivo de reflectância total atenuada (ATR). Um espectro foi obtido antes e após o processo de polimerização das resinas compostas. O grau de conversão das duplas ligações de carbono foram obtidos considerando-se a altura da banda de absorção (% de absorbância) correspondente à ligação C=C alifática em 1610 cm^{-1} e, como padrão interno, a altura da banda correspondente à ligação C=C aromática em 1718 cm^{-1}, conforme investigação prévia, utilizando a fórmula:

DC= [1- (área do pico polimerizado / área do pico não polimerizado)] ×100

As absorções foram registradas em 1635 cm^{-1} (ligação dupla C=C alifática, pico polimerizado) e em 1610 cm^{-1} (ligação dupla C=C aromática, pico não polimerizado). Cada ensaio foi realizado em triplicata.

3 RESULTADOS

3.1 Caracterização da luz

A exposição direta à luz do fotopolimerizador no modo padrão e apenas violeta está apresentada na Figura 1. A irradiância espectral no modo padrão com 2166 mW na faixa de 350 a 550 nm e o modo violeta apresentou irradiância espectral máxima de 867,3 mW/cm²/nm em 390 nm.

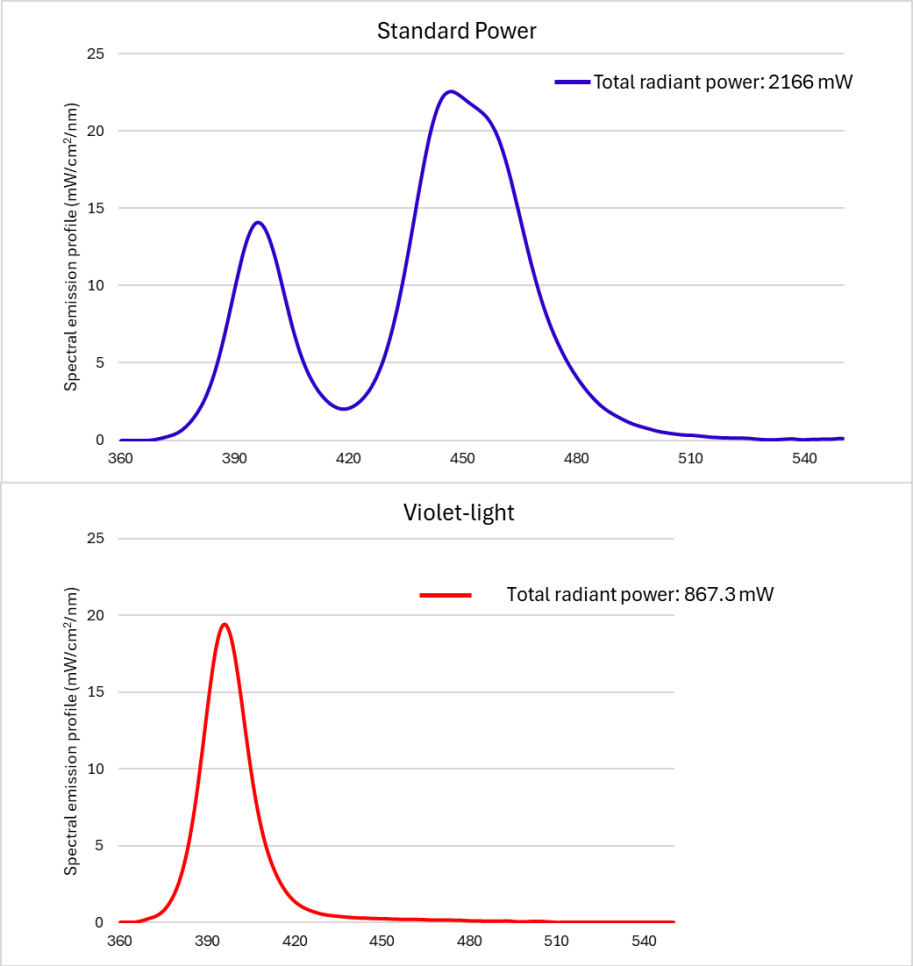

Figura 1. Emissões espectrais da LCU LED Valo X de acordo com o modo padrão e apenas violeta

3.2 Resistência à Flexão (MPa) e Módulo de Elasticidade

De modo geral, o modo padrão e luz violeta adicional não diferiram entre si para as as resinas avaliadas, enquanto o modo violeta apresentou menores valores de RF. Dentro dos modos de fotoativação, a resina Vittra apresentou maiores valores de RF no modo padrão. Para luz violeta, a mesma resina Vittra apresentou maiores valores de RF, enquanto Z100 e Transcend apresentaram valores intermediárias, no entanto Transcend não diferiu de Tetric. No modo adicional, Vittra, Z100 e Transcend não diferiram entre si. Tetric apresentou menores valores de RF, que não diferiu de Transcend.

Tabela 2. Média e desvio padrão de resistência à flexão das resinas compostas em diferentes modos de polimerização.

Resistência a Flexão (Mpa)

Resinas Compostas	Padrão	Violeta	Combinado
Vittra	138,3 (9,3) Aa	119,5 (8,9) Ba	135,1 (9,3) Aa
Z100	122,3 (15,6) Ab	99,7 (8,8) Bb	124,1 (13,3) Aa
Transcend	118,2 (12,8) Ab	97,4 (12,2) Bbc	115,3 (10,5) Aab
Tetric	110,4 (9,3) Ab	84,9 (9,1) Bc	109,7 (7,2) Ab

Letras maiúsculas comparam os modos de fotopolimerização para a mesma resina composta. Letras minúsculas comparam resinas compostas dentro do mesmo modo de fotopolimerização.

Tabela 3. Media e desvio padrão do módulo de elasticidade das resinas compostas em diferentes modos de polimerização.

Módulo de Elasticidade (GPa)			
Resinas Compostas	Padrão	Violeta	Combinado
Vittra	2,7 (0,8) Ab	2,3 (0,6) Ab	2,5 (0,8) Ab
Z100	4,5 (1,0) Aba	3,8 (0,7) Ba	5,1 (1,2) Aa
Transcend	3,3 (1,3) Ab	2,3 (0,6) Ab	3,1 (1,6) Ab
Tetric	2,7(0,7) Ab	2,5 (0,4) Ab	3,2 (0,5) Ab

Letras maiúsculas comparam os modos de fotopolimerização para a mesma resina composta. Letras minúsculas comparam resinas compostas dentro do mesmo modo de fotopolimerização.

3.3 Grau de conversão (GC)

Os resultados de GC são apresentados na Tabela 2. Para as mesmas resinas compostas, os modos Padrão e Combinado não apresentaram diferenças significativas entre si. A luz violeta apresentou valores de GC menores para as resinas Z100, Vittra e Transcend. Entretanto, no grupo Tetric não houve diferença entre os modos de polimerização.

Tabela 4. Resultados da análise do grau de conversão (%), representados por médias e desvios padrão.

Grau de Conversão (%)			
Resinas Compostas	Padrão	Violeta	Combinado
Vittra	65,1 (3,7) a	51,4 (3,1) b	64,8 (3,0) a
Z100	58,9 (5,8) a	41,7 (5,5) b	56,6 (4,7) a
Transcend	56,1 (3,1) a	45,1 (3,5) b	60,5 (3,9) a
Tetric	58,1 (9,6) a	48,6 (6,4) a	59,7 (7,0) a

Médias seguidas por letras diferentes indicam diferenças estatísticas entre modos de polimerização ($p < 0,05$).

4. DISCUSSÃO

Os resultados obtidos demonstram que o modo de fotoativação exerce influência direta nas propriedades físicas das resinas compostas avaliadas. De maneira geral, a luz violeta isolada resultou em

menores valores de resistência à flexão (RF) e grau de conversão (GC) em comparação aos modos padrão e combinado, o que corrobora com estudos que destacam a importância da compatibilidade espectral entre o comprimento de onda da luz emitida e o sistema fotoiniciador da resina (Pfeifer CS et al., 2009; Schneider LF et al., 2012). A ausência de diferenças significativas entre o modo padrão e o modo combinado (padrão + violeta) sugere que a adição da luz violeta, nas condições estudadas, não promoveu benefícios adicionais relevantes, o que pode indicar que a contribuição da radiação na faixa de 390 nm é limitada ou até redundante diante de uma polimerização convencional eficaz.

Entre os materiais analisados, a resina Vittra apresentou desempenho superior em RF tanto no modo padrão quanto no violeta, sugerindo uma formulação mais sensível à ativação luminosa, mesmo em faixas de comprimento de onda menos eficazes. Por outro lado, a Tetric demonstrou menor desempenho em RF e GC, especialmente sob ativação violeta, apontando possível incompatibilidade com essa faixa espectral. Esses achados ressaltam que a escolha do modo de polimerização deve considerar as características específicas do material utilizado, especialmente no que tange ao sistema fotoiniciador. O uso exclusivo da luz violeta, sem associação com comprimentos de onda mais amplos, pode comprometer a performance mecânica e química da resina, afetando potencialmente a longevidade clínica das restaurações.

5. CONCLUSÃO

De modo geral, a luz violeta apenas reduziu a resistência à flexão (RF) e o grau de conversão (GC) dos compósitos, não proporcionando benefícios consistentes em comparação com a polimerização padrão.

REFERÊNCIAS:

1. Maktabi H, Balhaddad AA, Alkhubaizi Q, Strassler H, Melo MAS. Factors influencing success of radiant exposure in light-curing posterior dental composite in the clinical setting. Am J Dent. 2018 Dec;31(6):320-328.
2. Pfeifer CS, Ferracane JL, Sakaguchi RL, Braga RR. Photoinitiator content in restorative composites: influence on degree of conversion, reaction kinetics, volumetric shrinkage and polymerization stress. Am J Dent. 2009 Aug;22(4):206-10.
3. Schneider LF, Cavalcante LM, Prahl SA, Pfeifer CS, Ferracane JL. Curing efficiency of dental resin composites formulated with camphorquinone or trimethylbenzoyl-diphenyl-phosphine oxide. Dent Mater. 2012 Apr;28(4):392-7.
4. Yap AU, Eweis AH, Yahya NA. Dynamic and Static Flexural Appraisal of Resin-based Composites: Comparison of the ISO and Mini-flexural Tests. Oper Dent. 2018 Sep/Oct;43(5):E223-E231.
5. Zattera ACA, Morganti FA, de Souza Balbinot G, Della Bona A, Collares FM. The influence of filler load in 3D printing resin-based composites. Dent Mater. 2024 Jul;40(7):1041-1046.