

Atenuação da intensidade de luz e profundidade de polimerização de resinas compostas

Curing-light attenuation and depth of cure of composite resins

Jean Felipe Garlet Werlang¹, Ricardo João Dalfovo¹, Ivana Froede Neiva², Andresa Carla Obici²

RESUMO

Objetivo: Avaliar a atenuação da luz através de diferentes espessuras de resina composta e a profundidade de polimerização. **Materiais e Métodos:** Foram utilizadas as resinas Opallis e Llis de esmalte (E) e de dentina (D), na cor A3. Para atenuação da luz foram empregadas matrizes metálicas (6,0mm de diâmetro e espessuras de 0,5, 1,0, 1,5 e 2,0mm), as quais foram posicionadas na janela de leitura do radiômetro e a intensidade de luz medida antes e após a interposição do material. A profundidade de polimerização foi realizada seguindo os procedimentos recomendados na ISO 4049 (2000). Os dados foram submetidos à ANOVA e teste de Tukey com $\alpha=5\%$. **Resultados:** Os resultados de atenuação mostraram que as resinas Opallis e Llis diferiram estatisticamente em todas as espessuras. Na comparação entre materiais, em 0,5mm houve diferença estatística significativa apenas entre Opallis E e Llis D e entre Llis E e Llis D. Em 1,0mm não houve diferença estatística significativa entre Opallis E e Llis E e entre Opallis D e Llis D; em 1,5mm somente Opallis D e Llis D não diferiram estatisticamente. Para 2,0mm ocorreram diferenças estatísticas significativas entre Opallis E e Llis E. Para profundidade de polimerização não houve diferença estatística significativa entre Opallis E e Llis E e entre Opallis D e Llis D. **Conclusão:** Maiores valores de atenuação da intensidade de luz são observados em resinas de dentina em relação às de esmalte, assim como em maiores espessuras de material. Resinas compostas de dentina apresentaram menor profundidade de polimerização que as de esmalte.

Descritores: Resinas compostas. Polimerização.

INTRODUÇÃO

O emprego de resinas compostas é uma prática bastante aceita e difundida, no que se refere à realização de restaurações imperceptíveis tanto nos dentes anteriores quanto posteriores. Isto se deve ao fato do material possuir propriedades ópticas que favorecem seu mimetismo à estrutura dental adjacente¹. As resinas compostas empregadas atualmente são fotoativadas por meio de luz visível, cujo comprimento de onda varia entre 400 e 500 nanômetros (nm), com pico de absorção em aproximadamente 470 nm. Neste intervalo, a molécula fotoiniciadora (a canforoquinona) é ativada e promove o início da reação de polimerização². Porém, vários parâmetros devem ser observados e respeitados para que o material final alcance as propriedades esperadas. Dentre eles destacam-se: intensidade de luz, tempo de exposição, comprimento de onda adequado para sensibilizar a molécula da canforoquinona, distância entre a ponta do aparelho fotopolimerizador e a resina, bem como a formulação do material²⁻⁶.

Entretanto, quando a luz atinge o material,

vários fenômenos podem ocorrer, incluindo absorção, reflexão e dispersão. Isto significa que apenas uma parte da radiação luminosa pode ser transmitida pelo material^{3, 5, 7}. Como consequência, regiões mais profundas receberão menor quantidade de luz, o que pode reduzir ou impedir que a reação de polimerização ocorra^{5, 6}. Estes fatores resultam na atenuação da luz à medida que atravessa o material, fazendo com que na superfície da restauração a polimerização seja maior do que nas regiões mais profundas, desta forma, determinando a profundidade de polimerização do material^{6, 8}. Clinicamente, isto significa que a resina composta deve ser inserida e polimerizada de forma incremental.

Vale ressaltar que uma polimerização inadequada pode afetar as propriedades físicas, mecânicas e biológicas do material, levando ao insucesso clínico, caracterizado pelo aumento da microinfiltração marginal, diminuição da microdureza e da estabilidade de cor, causando manchamento na restauração, bem como um aumento na quantidade de monômeros residuais, responsáveis por eventuais

¹ Cirurgião-Dentista

² Departamento de Odontologia Restauradora, Universidade Federal do Paraná (UFP), Curitiba, PA, Brasil

Contact: mirokyjean@hotmail.com, ricardodalfovo@hotmail.com, i.froede.n@ig.com.br, andresaobici@yahoo.com, obici@ufpr.br

danos ao tecido pulpar, além de sensibilidade pós-operatória⁶⁻¹⁰. Diversos trabalhos na literatura demonstram a profundidade de polimerização de resinas compostas^{6,8,9,11}, contudo o valor de atenuação da luz não é claramente definido em diferentes espessuras do material.

Com base no exposto, o objetivo desse trabalho foi avaliar a atenuação da intensidade luz e a profundidade de polimerização de resinas compostas

de esmalte e dentina.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizadas as resinas compostas microhíbridas Opallis e Llis (FGM, Joinville, Santa Catarina, Brasil), na cor A3, tanto de esmalte (E) quanto de dentina (D), cujas composições e lotes são apresentados na tabela 1.

Tabela 1. Composição das resinas compostas usadas no estudo.

Material	Fabricante	Matriz Resinosa	Partículas de Carga	Lote
Opallis	(FGM, Joinville, Santa Catarina, Brasil)	Bis-GMA, BisEMA, TEGDMA, UDMA, canforoquinona e co-iniciadores.	Vidro de bário-alumino silicato, sílica. Tamanho médio de 0,5 µm (40 nm – 3,0 µm)	78,5 a 79,8% em peso 57 a 58% em volume Esmalte: 150609 Dentina: 091208
Llis	(FGM, Joinville, Santa Catarina, Brasil)	Bis-GMA, BisEMA, TEGDMA, DMA, canforoquinona e co-iniciadores.	Vidro de bário-alumino silicato, sílica. Tamanho médio de 0,8 µm (40 nm – 3,0 µm)	77,5 a 78,5% em peso 56 a 59% em volume Esmalte: 260609 Dentina: 250609

* Dados fornecidos pelo fabricante.

Para avaliar a atenuação da luz foram empregadas matrizes metálicas com 6 mm de diâmetro interno e espessuras de 0,5, 1,0, 1,5 e 2,0mm. As matrizes foram posicionadas sobre tira de poliéster e placa de vidro e a resina composta inserida, em volume único, no orifício central da matriz. Em seguida, outra tira de poliéster foi posicionada sobre o material e com auxílio de uma lâmina de vidro foi realizada pressão digital para acomodar a resina no interior da mesma. Os corpos-de-prova foram polimerizados sobre a janela de leitura do radiômetro RD-7 (Ecel®, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil), por 40 segundos, de modo a obter a intensidade de luz que atravessou o material e, assim, determinar a atenuação. Antes de ser realizada a fotoativação de cada corpo-de-prova foi mensurada a intensidade de luz do aparelho fotopolimerizador com a matriz vazia interposta entre o radiômetro e a ponteira.

Para a mensuração da profundidade de polimerização foi usada matriz metálica bipartida com abertura central de 3 mm de diâmetro e 11 mm de altura. As resinas foram inseridas de forma a preencher a matriz e posteriormente a fotoativação realizada por 40 segundos, utilizando o aparelho LED Emitter B (Schuster, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil). Durante todo trabalho, a cada 4 corpos-de-prova, a intensidade de luz do fotopolimerizador foi mensurada utilizando o radiômetro RD-7 (Ecel®, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil), o qual apresentou intensidade média de 1000 mW/cm². Este equipamento possui dois modos de leitura: HAL (para luz halógena) e LED. Todos os experimentos foram realizados empregando-se o segundo modo de leitura.

Após a fotoativação, a matriz foi aberta e o material não polimerizado removido com o auxílio de espátula metálica. O cilindro de resina

composta polimerizado foi, então, removido e o seu comprimento mensurado com o auxílio de um paquímetro digital (Brüder Mannesmann Werkzeuge, Alemanha). Os valores obtidos foram divididos por dois conforme descrito na norma da ISO 4049 (2000)¹². Para todos os experimentos foram confeccionados 10 espécimes.

Para a avaliação da atenuação da intensidade de luz, os valores obtidos foram submetidos à análise de variância a dois critérios (ANOVA *two-way*), considerando os fatores resina composta em quatro níveis (Opallis E; Opallis D; Llis E; Llis D) e espessura, também em quatro níveis (0,5; 1,0; 1,5; 2,0mm). Para a estatística da profundidade de polimerização foi empregada à análise de variância a um critério (ANOVA *one-way*), considerando o fator resina composta em quatro níveis (Opallis E; Opallis D; Llis E; Llis D). As diferenças obtidas foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância, empregando o programa BioEstat 5.0.

RESULTADOS

Para o teste de atenuação da intensidade de luz foram feitas comparação entre as quatro espessuras para cada material, conforme apresentado na tabela 2. Os resultados mostraram diferenças estatísticas significantes entre todas as espessuras para ambos os materiais (Opallis e Llis) e opacidades (Esmalte e Dentina). Foi observado que as resinas de dentina apresentaram maiores valores de atenuação, especialmente para a resina Llis.

A comparação da atenuação da luz entre os diferentes materiais para uma mesma espessura demonstrou que em 0,5 mm houve diferença apenas entre Opallis E e Llis D e entre Llis E e Llis D. Em 1,0mm não foi observado diferença entre Opallis E

e Llis E e entre Opallis D e Llis D. Para a espessura de 1,5mm não foram encontradas diferenças somente entre Opallis D e Llis D. Em 2,0m houve diferença entre Opallis E e Llis E. Nesta profundidade, na cor A3 de dentina não foi possível mensurar os valores de atenuação para ambas as resinas, pois o radiômetro não registrou nenhum valor de intensidade de luz.

Para os resultados da profundidade de polimerização foi observada uma menor profundidade para as resinas de dentina, tanto da Llis quanto da Opallis. Não foi observado diferenças nas profundidades de polimerização entre Opallis E e Llis E, tanto quanto para Opallis D e a Llis D (Tabela 3).

Tabela 2. Valores médios (%) (desvio-padrão) da atenuação de luz das resinas compostas em diferentes espessuras.

Espessura	Opallis		Llis	
	Esmalte (E)	Dentina (D)	Esmalte (E)	Dentina (D)
0,5 mm	45,4 (11,65) a A	51,95 (6,37) a AB	44,69 (7,05) a A	55,34 (3,56) a B
1,0 mm	63,48 (2,85) b A	78,87 (3,39) b B	67,82 (5,95) b A	79,3 (3,48) b B
1,5 mm	77,47 (3,81) c A	87,71 (0,67) c C	81,29 (1,84) c B	88,33 (0,73) c C
2,0 mm	87,32 (1,0) d A	-----	88,4 (0,27) d B	-----

* Letras minúsculas indicam diferenças encontradas na coluna (entre as espessuras)

** Letras maiúsculas indicam diferenças encontradas na linha (entre materiais)

*** Fator resina composta $p=0,00064$; fator espessura $p=0,0004$; interação entre os fatores $p=0,0014$.

Tabela 3. Valores médios (desvio-padrão) da profundidade de polimerização das resinas compostas.

Opallis E	Opallis D	Llis E	Llis D
2,83 (0,22) A	2,29 (0,18) B	2,94 (0,09) A	2,45 (0,05) B

* Letras diferentes entre si indicam diferenças estatísticas.

DISCUSSÃO

Para a realização desta pesquisa foi usado o mesmo aparelho fotopolimerizador durante todo o experimento, o qual demonstrou pequena variação na intensidade de luz ao longo do mesmo. Ainda, o uso de aparelho LED para a realização da pesquisa se deve ao fato deste tipo de dispositivo apresentar maior homogeneidade na intensidade de luz emitida através de sua ponta ativa quando comparado aos aparelhos à base de quartzo-tungstênio (QTH) e arco de plasma (PAC)¹³, bem como o estreito espectro de comprimento de onda (450 a 490 nm), o qual está próximo ao pico de absorção do fotoiniciador². Segundo Arikawa et al. (2008)¹³, as variações na intensidade de luz ao longo da ponta ativa poderiam causar incompleta polimerização do material nas áreas irradiadas com intensidades menores, resultando em propriedades físicas e mecânicas heterogêneas, o que afeta a qualidade final da restauração. Segundo estes autores, a menor heterogeneidade observada nos aparelhos de LED deve-se ao fato dos mesmos produzirem luminescência sem filamento e com dispositivos pequenos e planos, bem como possuírem um sistema óptico eficiente e simples com lentes condensadoras apropriadas. Portanto, a discussão dos resultados foi baseada apenas na influência das características inerentes ao material.

Na tabela 2 pode ser observado um aumento na atenuação da luz com espessuras maiores,

independentemente da resina e da cor. Isto pode ser explicado com base nos fatores que afetam a transmissão da radiação luminosa pelo material. O primeiro refere-se ao tipo e concentração dos componentes reativos que absorvem a luz para permitir que a reação se processe, assim como a presença de substâncias opacas (pigmentos). Segundo, há reflexão parcial da luz de todas as interfaces onde ocorre variação do índice de refração (matriz resinosa e partículas de carga), causando dispersão. Ainda, este índice muda conforme o estágio da polimerização (aumenta) e a temperatura (diminui) e ambas se alteram, continuamente, durante o processo de fotoativação^{3, 14-16}. Neste trabalho foi considerada a atenuação que ocorreu no tempo de 40 segundos, ou seja, ao final da fotoativação. Contudo, sabe-se que a polimerização da resina composta continua mesmo após a finalização deste tempo, o que pode alterar os valores de atenuação quando esta é avaliada em outros períodos, quer anteriores ou posteriores ao estudado. Santos et al. (2008)¹⁷ demonstraram que os valores de transmissão de luz são maiores para resinas já polimerizadas quando comparadas as não polimerizadas, o que representa, portanto, menor atenuação do material polimerizado. Após a polimerização a resina sofre uma vitrificação, na qual o ar aprisionado nas micro-bolhas “congela” na rede tridimensional, aumentando a transmissão de luz¹⁷. Entretanto, clinicamente, é importante que a luz passe

pela resina durante o período da fotoativação para que as moléculas iniciadoras sejam sensibilizadas, mesmo em regiões mais profundas, de modo a efetivamente proporcionar polimerização adequada do material e, desta forma, obter as propriedades finais desejadas.

As resinas de dentina mostraram maior atenuação da intensidade de luz, corroborando com Musanje e Darvell (2006)¹⁵, no que tange a presença de maior quantidade de substâncias opacas (pigmentos). Ganglianone et al. (2012)¹⁸ verificaram que o grau de conversão das resinas compostas na cor de dentina, mesmo na superfície diretamente exposta à fonte de luz, é menor do que suas correspondentes de esmalte. Quando avaliadas em 2 mm de profundidade, a diferença entre as resinas de dentina e de esmalte, mostraram-se ainda mais evidentes¹⁸.

A opacidade aumentada das resinas de dentina inviabilizou a aferição da atenuação da luz em espessuras de 2,0 mm, tanto para a resina Opallis quanto para Llis. Clinicamente, a associação de resinas mais translúcidas para esmalte e mais opacas para dentina visa restaurações esteticamente mais harmoniosas por mimetizar as características ópticas inerentes a estes tecidos dentais. Entretanto, vale ressaltar que, com base nos achados, não é aconselhável utilizar espessuras maiores do que 1,5 mm das cores de dentina, devido ao risco de se obter um material com polimerização inadequada. Associado a isto, em situações clínicas, muitas vezes a ponta do aparelho fotopolimerizador não fica tão próxima do material, devido a dificuldades de acesso, ocasionando diminuição da intensidade de luz que incide sobre a resina^{19, 20}. Em cavidades de Classe II é impossível colocar a ponta condutora de luz do aparelho próxima ao material e isto resulta na diminuição da intensidade de luz que o atinge. Tendo isto em mente, Frões-Salgado et al. (2009)¹⁹, avaliaram o grau de conversão da resina quando a ponta ativa foi afastada a 3 e 7 mm. Os autores mostraram que com 7 mm de distância há uma diminuição no grau de conversão, pois a irradiância reduz em média 40%. A 3 mm não foi observada diferença significativa quando comparado a distância zero, pois a redução foi de apenas 15%. Em situações clínicas, a restauração é feita de forma incremental de modo que ocorrem sucessivas exposições à luz pelo material, o que segundo Schattenberg et al. (2008)⁴, influencia positivamente a polimerização do primeiro incremento de resina.

A atenuação ocorre porque durante o processo de polimerização a luz que passa através do material é absorvida ou dispersa (6). Os trabalhos na literatura que avaliam a transmissão de luz, em geral, utilizam espectrofotômetros de modo a mensurar sua distribuição espectral^{7, 17}. Desta forma, é possível analisar a intensidade de luz ou irradiância

(potência/área da ponta ativa) da fonte de luz em relação a um determinado intervalo de comprimento de onda. Na presente pesquisa, a luz transmitida através de diferentes espessuras de resinas compostas foi mensurada a partir de um dispositivo simples, o radiômetro manual, o qual estava calibrado para registrar a intensidade de luz apenas entre os comprimentos de onda entre 400 e 500 nm. A aferição da intensidade de luz através de radiômetros de mão difere significativamente daquela mensurada por medidores de potência laboratorial, contudo servem como um instrumento importante para monitorar o desempenho de fontes de luz^{21, 22}. Ainda, é preciso considerar que esses radiômetros manuais fornecem valores relativos e não absolutos a respeito da luz emitida pelos aparelhos fotopolimerizadores^{22, 23}. Assim, na presente pesquisa, este dispositivo foi empregado com o objetivo de demonstrar o comportamento das duas resinas, considerando diferentes resinas e espessuras. Outros trabalhos também empregam radiômetros manuais com a finalidade de mensurar a perda de luz através de diferentes materiais²⁴⁻²⁶.

Outro aspecto relevante refere-se à intensidade média de luz empregada durante o experimento que foi de 1000 mW/cm², a qual é considerada alta. Segundo Rencz et al. (2012)⁵, intensidades de luz acima de 1000 mW/cm² não resultam em aumento na eficiência da reação de polimerização quando a ponta ativa do aparelho é colocada junto ao material, situação esta presente no nosso trabalho. Contudo, é importante ressaltar que diversas pesquisas demonstram não ser esta a realidade observada em aparelhos de grande parte dos consultórios particulares e clínicas universitárias^{23, 27}.

A comparação entre materiais, considerando cada espessura em particular, demonstrou que em 0,5 mm houve diferença apenas entre Opallis E e Llis D e entre Llis E e Llis D. A resina Opallis D mostrou valores intermediários, sendo estatisticamente semelhante a todos os demais materiais. Em 1,0mm não foi observado diferença entre Opallis E e Llis E e entre Opallis D e Llis D. Estes achados revelam que em espessuras menores, especialmente a 1,0 mm, a opacidade da resina foi mais significativa para a atenuação da luz. Para a espessura de 1,5mm não foram encontradas diferenças somente entre Opallis D e Llis D, as quais demonstraram os maiores valores de atenuação. A Llis E obteve valores intermediários, enquanto a Opallis E o menor valor. A explicação para este resultado pode estar relacionado à composição destes materiais, no que diz respeito às diferenças na matriz resinosa e no tamanho médio de partículas de carga dos dois materiais avaliados. A resina Opallis possui em sua composição o monômero base UDMA, ao contrário da resina Llis. Floyd e Dickens (2006)²⁸

mostraram que sistemas poliméricos que apresentam UDMA associado ao TEGDMA resultam em maior quantidade de ligações cruzadas e maior grau de conversão quando comparados à associação BisGMA/TEGDMA. Esta maior conversão pode afetar o índice de refração da matriz resinosa, contribuindo positivamente na passagem de luz, a qual é capaz de atingir regiões mais profundas. Variações, mesmo que pequenas, na composição do material são suficientes para alterar o índice de refração durante a fotoativação. Tipo, quantidade, tamanho e formato das partículas de carga, bem como a própria silanização das mesmas, podem modificar o índice de refração, levando a maior dispersão da luz e comprometer a transmissão da luz pelo corpo do material^{3, 17, 29}. É importante ressaltar que a transmissão da luz diminui de modo exponencial com o aumento da espessura³. Em 2,0mm houve diferença apenas entre Opallis E e Llis E, uma vez que ambas as resinas de dentina não puderam ser avaliadas. Novamente, as diferenças relacionadas à composição mostram-se significativas. Nas resinas compostas com alta concentração de partículas de carga a participação da matriz resinosa é obviamente menor, assim, a correlação entre o índice de refração da resina e das partículas de carga é um fator mais importante do que o consumo de canforoquinona e a cinética de polimerização no perfil de transmissão de luz pelo material³.

Os resultados da profundidade de polimerização revelaram valores maiores para as resinas de esmalte comparativamente às de dentina em ambos os materiais. Este achado reforça os dados presentes na literatura de que a opacidade e a cor da resina afetam a transmissão da luz^{14, 16, 18} e, desta forma são fatores limitantes para a profundidade de polimerização.

Além do teste proposto pela ISO 4049, diferentes métodos descritos na literatura podem ser utilizados para mensurar a profundidade de polimerização de resinas compostas, sendo a microdureza um teste frequentemente empregado^{4, 8, 9, 11, 14}. Como a luz que atravessa o incremento de resina composta sofre dispersão, em regiões mais profundas a dureza é menor. Assim, tem sido aceita como uma taxa de dureza (superfície externa/superfície interna) adequada a proporção de 0,80. Isto significa que porção interna deve ter valor igual ou superior a 80% ao da superfície externa^{4, 8, 9}. Outro método sugere o emprego de um penetrômetro, o qual se baseia na aplicação de uma agulha com carga constante³⁰. Ainda, o grau de conversão tem sido considerado o teste mais sensível para avaliar a profundidade de polimerização, a qual reduz drasticamente com o aumento da espessura^{6, 14}. Por fim, Leprince et al. (2012)¹¹ sugerem que a profundidade de polimerização deva ser mensurada com base na transição dos estágios

vítreos e borrachóides da matriz resinosa.

Embora a profundidade de polimerização obtida segundo a ISO 4049 não demonstre claramente as propriedades finais do material, pode indicar um perfil do comportamento de polimerização, apontando para os limites que o clínico deve respeitar no que se refere à espessura do incremento de resina na técnica restauradora, sempre considerando o material e a fonte de luz empregada. Ainda, constitui-se em um método fácil, rápido e que não demanda equipamentos caros e sofisticados.

Segundo Moore et al. (2008)⁹ os fabricantes usam a ISO 4049 para justificar as recomendações do tempo de fotoativação e profundidade de polimerização dos seus produtos. Porém os resultados destes autores revelam que a dureza na base de espécimes com 2 mm de espessura foi bem menor do que 80% em relação a do topo, o que comprometeria as propriedades físicas e biológicas do material. Contudo, os autores empregaram fonte de luz QTH com densidade de potência de 12,4 J/cm², o que de acordo com Rencz et al. (2012)⁵ não é considerada adequada. Segundo estes autores, 24 J/cm² é aceito como valor limite de densidade de potência para polimerizar incrementos de 2 mm de espessura. Isto é corroborado por diversos trabalhos na literatura, nos quais a fonte de luz fornece a densidade de energia suficiente, resultando em uma taxa de dureza de 0,8^{4, 8, 16}. Portanto, características relacionadas à fonte de luz devem ser consideradas. Segundo Mousavinasab e Meyers (2009)¹⁴, o principal guia que determina a eficiência da reação de polimerização é a quantidade de energia luminosa que o fotoiniciador absorve durante a fotoativação. Assim, a intensidade de luz é um fator importante na ativação do fotoiniciador, mas o mais importante é o quanto dessa luz emitida eficientemente corresponde ao espectro do mesmo. Neste sentido, os LEDs produzem um espectro mais estreito, o qual está dentro do intervalo de comprimento de onda útil para fotoativar a canforoquinona^{2, 14}.

Conforme demonstrado, as resinas de esmalte apresentaram maiores valores de profundidade de polimerização, bem como menor atenuação da luz. Estes resultados reforçam o papel da translucidez do material na transmissão de luz através do mesmo. A translucidez é a quantidade relativa de transmitância de luz ou de reflexão difusa de uma superfície do material através de um meio turvo, sendo influenciado pela cor do fundo³¹. Porém, à medida que a espessura de material aumenta a dispersão da luz na superfície das partículas de carga também é aumentada³¹, o que resulta na atenuação da luz e limitada profundidade de polimerização. Maiores espessuras de resina reduzem significativamente a sua translucidez³¹. Ainda, o aumento na quantidade de carga vítrea resulta na diminuição, quase linear, da translucidez³². Entretanto,

fatores como tamanho da partícula e seu índice de refração também devem ser considerados^{32,33}.

CONCLUSÃO

A partir dos resultados encontrados é lícito concluir que maiores espessuras de resina, tanto de dentina quanto de esmalte, resultaram em maior atenuação da luz, para ambos os materiais. Independentemente da espessura e do material analisado, a atenuação da luz foi maior para resinas de dentina. Por fim, menores valores de profundidade de polimerização foram encontrados para as resinas de dentina.

ABSTRACT

Aim: To evaluate the attenuation of curing-light across different thicknesses of composite resins and their depth of cure. **Materials and Methods:** The materials used included A3 Opallis and Llis with enamel (E) and dentin (D) shades. The curing-light attenuation used circular brass molds (6.0 mm in diameter and 0.5, 1.0, 1.5 and 2.0 mm in thickness), which were positioned on the radiometer. The light intensity was measured before and after the placement of the material. The depth of cure was measured according to proceedings described in ISO 4049 (2000). The data were submitted to ANOVA and Tukey's test (5%). **Results:** The results showed that the Opallis and Llis resins presented statistically significant differences at all thicknesses. Upon comparing the materials, at 0.5 mm, a statistically significant difference could be identified between Opallis E and D, as well as between Llis E and D. At 1.0 mm, no statistically significant difference could be observed between Opallis E and Llis E, nor between Opallis D and Llis D; at 1.5 mm, only Opallis D and Llis D presented no statistically significant difference. At 2.0 mm a statistically significant difference could be observed between Opallis E and Llis E. No statistically significant difference in the depth of cure could be found between Opallis E and Llis E, nor between Opallis D and Llis D. **Conclusion:** Greater attenuation of light values were obtained with dentin resins as compared to enamel resins, as well as in higher thicknesses of composite resins. Dentin composite resins showed a lower depth of cure than did enamel composite resins.

Uniterms: Composite resins. Polymerization.

REFERÊNCIAS

- Nahsan FPS, Mondelli RFL, Franco EB, Naufel FS, Ueda JK, Schmitt VL, et al. Clinical strategies for esthetic excellence in anterior tooth restorations: understanding color and composite resin selection. *J Appl Oral Sci.* 2012; 20: 151-6.
- Nomoto R, McCabe JF, Nitta K, Hirano S. Relative efficiency of radiation sources for photopolymerization. *Odontology.* 2009; 97: 109-14.
- Howard B, Wilson ND, Newman SM, Pfeifer CS, Stansbury JW. Relationships between conversion, temperature and optical properties during composite photopolymerization. *Acta Biomater.* 2010; 6: 2053-9.
- Schattenberg A, Lichtenberg D, Stender E, Willershausen B, Ernst CP. Minimal exposure time of different LED-curing devices. *Dent Mater.* 2008; 24: 1043-9.
- Rencz A, Hickel R, Ilie N. Curing efficiency of modern LED units. *Clin Oral Investig.* 2012; 16: 173-9.
- Obici AC, Sinhoreti MAC, Frollini E, Correr Sobrinho L, Goes MF, Henriques GEP. Monomer conversion at different dental composite depths using six light-curing methods. *Polym Test.* 2006; 25: 282-8.
- Guiraldo RD, Consani S, Consani RLX, Berger SB, Mendes WB, Sinhoreti MAC, et al. Comparison of silorane and methacrylate-based composite resins on the curing light transmission. *Braz Dent J.* 2010; 21: 538-42.
- Camargo EJ, Moreschi E, Baseggio W, Cury JA, Pascotto RC. Composite depth of cure using four polymerization techniques. *J Appl Oral Sci.* 2009; 17: 446-50.
- Moore BK, Platt JA, Borges G, Chu T-MG, Katsilieris I. Depth of cure of dental resin composites: ISO 4049 depth and microhardness of types of materials and shades. *Oper Dent.* 2008; 33: 408-12.
- Ribeiro BCI, Boaventura JMC, Brito-Gonçalves J, Rastelli ANS, Bagnato VS, Saad JRC. Degree of conversion of nanofilled and microhybrid composite resins photo-activated by different generations of LDEs. *J Appl Oral Sci.* 2012; 20: 212-17.
- Leprince JG, Leveque P, Nysten B, Gallez B, Devaux J, Leloup G. New insight into the "depth of cure" of dimethacrylate-based dental composites. *Dent Mater.* 2012; 28: 512-20.
- International Organization for Standardization. ISO 4049. Dentistry – Polymer-based filling, restorative and luting materials. 3rd ed. Switzerland; 2000.
- Arikawa H, Kanie T, Fujii K, Takahashi H, Ban S. Effect of inhomogeneity of light from light curing units on the surface hardness of composite resin. *Dent Mater J.* 2008; 27: 21-8.
- Mousavinasab SM, Meyers I. Curing efficacy of light emitting diodes of dental curing units. *Dent Res Dent Clin Dent Prospects.* 2009; 3: 11-6.
- Musanje L, Darvell BW. Curing-light attenuation

- in filled-resin restorative materials. *Dent Mater.* 2006; 22: 804-17.
16. Guiraldo RD, Consani S, Consani RLX, Berger SB, Mende WB, Sinhoreti MAC. Light energy transmission through composite influenced by material shades. *Bull Tokyo Dent Coll.* 2009; 50: 183-90.
 17. Dos Santos GB, Monte Alto RV, Sampaio Filho HR, da Silva EM, Fellows CE. Light transmission in dental resin composites. *Dent Mater.* 2008; 24: 571-6.
 18. Ganglianone LA, Lima AF, Araújo LSN, Cavalcanti AN, Marchi GM. Influence of different shades and LED irradiance on the degree of conversion of composite resins. *Braz Oral Res.* 2012; 26: 165-9.
 19. Fróes-Salgado NRG, Pfeifer CSC, Francci CE, Kawano Y. Influence of photoactivation protocol and light guide distance on conversion and microleakage of composite restorations. *Oper Dent.* 2009; 34: 408-14.
 20. Rode KM, Kawano Y, Turbino ML. Evaluation of curing light distance on resin composite microhardness and polymerization. *Oper Dent.* 2007; 32: 571-8.
 21. Roberts HW, Vandewalle KS, Berzins DW, Charlton DG. Accuracy of LED and halogen radiometers using different light sources. *J Esthet Restor Dent.* 2006; 18: 214-24.
 22. Price RB, Labrie D, Kazmi S, Fahey J, Felix CM. Intra- and inter-brand accuracy of four dental radiometers. *Clin Oral Investig.* 2012; 16: 707-17.
 23. Hedge V, Jadhav S, Aher GB. A clinical survey of the output intensity of 200 light curing units in dental offices across Maharashtra. *J Conserv Dent.* 2009; 12: 105-8.
 24. Kilinc E, Antonson SA, Hardigan PC, Kesercioglu A. The effect of ceramic restoration shade and thickness on the polymerization of light- and dual-cure resin cements. *Oper Dent.* 2011; 36: 661-9.
 25. Hong SO, Oh Y, Min JB, Kim JW, Lee BN, Hwang YC, et al. Power density of various light curing units through resin inlays with modified layer thickness. *Restor Dent Endod.* 2012; 37: 130-5.
 26. Flury S, Lussi A, Hickel R, Ilie N. Light curing through glass ceramics with a second- and a third-generation LED curing unit: effect of curing mode on the degree of conversion of dual-curing resin cements. *Clin Oral Investig.* No prelo 2013.
 27. Al Shaafi MM, Maawadh AM, Al Qahtani MQ. Evaluation of light intensity output of QTH and LED curing devices in various Governmental Health Institutions. *Oper Dent.* 2011; 36: 356-61.
 28. Floyd CJE, Dickens SH. Network structure of Bis-GMA- and UDMA-based resin systems. *Dent Mater.* 2006; 22: 1143-9.
 29. Ribeiro BCI, Boaventura JMC, Brito-Gonçalves J, Rastelli ANS, Bagnato VS, Saad JRC. Degree of conversion of nanofilled and microhybrid composite resins photo-activated by different generations of LEDs. *J Appl Oral Sci.* 2012; 20: 212-7.
 30. Leprince JG, Hadis M, Shortall AC, Ferracane JL, Devaux J, Leloup G, et al. Photoinitiator type and applicability of exposure reciprocity law in filled and unfilled photoactive resins. *Dent Mater.* 2011; 27: 157-64.
 31. Arimoto A, Nakajima M, Hosaka K, Nishimura K, Ikeda M, Foxton RM, et al. Translucency, opalescence and light transmission characteristics of light-cured resin composites. *Dent Mater.* 2010; 26: 1090-7.
 32. Lee YK. Influence of filler on the difference between the transmitted and reflected colors of experimental resin composites. *Dent Mater.* 2010; 24: 1243-7.
 33. Yu B, Lim HN, Lee YK. Influence of nano- and micro-filler proportions on the optical property stability of experimental dental resin composites. *Mater Des.* 2010; 31: 4719-24.