

Influência da Fonte de Luz Fotoativadora na Fenda de Contração de Polimerização de Resinas Compostas Universais

Influence of Photo-Activation Light Source on Polymerization Shrinkage Gap of Universal Composite Resins

Heli S. A. SALLES¹, Maria C. M. CARNEIRO², Mário H. S. SOUZA JUNIOR³, Sandro C. LORETTO³

1 - Pós-Graduando do Programa de Mestrado Multiprofissional em Saúde, Sociedade e Endemias na Amazônia (FIOCRUZ / UFPA / UFAM).

2 - Professora da disciplina de Dentística do Centro Universitário do Pará (CESUPA).

3 - Professor Adjunto I da disciplina de Dentística da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Pará (UFPA).

RESUMO

Este trabalho avaliou a influência da fonte de luz fotoativadora na fenda de contração de polimerização de três compósitos universais, Opallis (FGM), Filtek Z250 (3M Espe) e Filtek Z350 (3M Espe). Foram confeccionadas quatro amostras para cada grupo experimental, sendo: G1A – Opallis + luz halógena; G1B – Opallis + Led; G1C – Opallis + arco de plasma; G2A – Filtek Z250 + luz halógena; G2B – Filtek Z250 + Led; G3A – Filtek Z250 + arco de plasma; G3B – Filtek Z350 + luz halógena; G3C – Filtek Z350 + Led; G3D – Filtek Z350 + arco de plasma. Cada compósito foi inserido em uma matriz metálica circular e fotoativado pelo tempo recomendado pelo respectivo fabricante. Logo após, os corpos-de-prova foram lixados com lixas de granulação decrescente, sendo, após vinte e quatro horas, levados ao microscópio

eletrônico de varredura para mensuração das fendas. As leituras foram feitas em quatro pontos, correspondentes a três, seis, nove e doze horas da face de um relógio, perfazendo um total de dezesseis leituras para cada grupo. Os resultados foram submetidos à análise de variância e ao teste de Tukey ($\alpha=5\%$). A maior média foi obtida com o grupo G3A (26,07 μm), sendo a menor no grupo G1A (15,43 μm). A comparação dos grupos foi significativa para ambos os fatores (resina composta / luz fotoativadora), bem como na interação entre estes. Concluiu-se que diferentes composições de compósitos exibem distintos comportamentos de contração de polimerização quando fotoativadas por diferentes fontes luminosas.

PALAVRAS-CHAVE: Materiais dentários, resinas compostas, luz.

INTRODUÇÃO

Em virtude da popularização das resinas compostas como um material adequado para a recuperação anátomo-funcional de estruturas dentais comprometidas ou cariadas, um grande número de estudos, realizados principalmente nas últimas duas décadas, vem buscando constantes melhorias nas propriedades mecânicas e características estéticas destes materiais. Contudo, dentre outros inconvenientes inerentes aos compósitos, como incompleta conversão polimérica e sorção de água, encontra-se a contração de polimerização, que pode ser entendida como uma densificação ou perda de volume do material restaurador durante seu processo de cura¹⁻⁴.

Deve ser destacado ainda que, quando esta contração ocorre no interior de preparos dentais, onde o material restaurador está unido adesivamente às paredes cavitárias, as forças geradas são parcialmente transmitidas à interface dente-restauração, comprometendo substancialmente a integridade marginal, e tornando esta restauração mais susceptível a microinfiltração, recidiva de cárie, tensões nas cúspides, descoloração marginal e sensibilidade pós-operatória^{1,4,5-12}. A este mecanismo dá-se o nome de estresse de contração de polimerização, o qual está associado a um grande número de problemas na clínica diária, e

tem sido identificado como uma das principais causas para a substituição de restaurações com compósitos^{5,10,13,14}.

Assim, a contração de polimerização, e conseqüentemente o estresse por ela gerado, podem ser considerados fatores determinantes na longevidade das restaurações com resina composta, e foram os responsáveis pela introdução de diferentes tentativas clínicas de melhorias na integridade marginal destas restaurações, como: emprego de materiais de base/forramento com propriedades elásticas (camada de absorção de estresse), uso de sistemas adesivos com alta capacidade de união aos substratos dentais, técnicas de inserção incremental do material restaurador, e controle do escoamento viscoso do compósito durante sua reação de cura, através do retardamento do chamado ponto gel (ponto G) ou, em outras palavras, da manutenção de uma fase pré-gel mais longa durante a polimerização^{9,10,13}.

Ademais, sem questionarmos a utilidade da fotopolimerização, muitos profissionais ainda estão incertos quanto à fonte de luz mais apropriada para sua prática clínica diária. Esta confusão leva alguns destes profissionais a continuarem utilizando aparelhos obsoletos em detrimento das novas tecnologias, como os Diodos Emissores de Luz (Leds), o Arco de Plasma de Xenônio (Xenon Plasma Arc), ou mesmo os lasers¹⁵.

Portanto, em face da maior variedade de fontes de luz fotopolimerizadoras disponíveis atualmente na profissão odontológica, tornou-se objetivo deste estudo avaliar a influência da fotoativação por luz halógena, Led e arco de plasma de xenônio frente ao complexo processo de contração de polimerização, observado através da mensuração da fenda de contração de resinas compostas universais.

MATERIAL E MÉTODO

Os compósitos utilizados neste trabalho estão relacionados no quadro 1, com seus nomes comerciais, classificação, composição da matriz orgânica e carga inorgânica, tamanho médio das partículas, quantidade de carga em volume e lotes de fabricação (informações fornecidas pelos respectivos fabricantes).

Para obtenção dos corpos-de-prova foram utilizadas matrizes metálicas circulares, medindo 7,0 mm de diâmetro interno, 11,5 de diâmetro externo e 2,0 mm de altura. Cada matriz foi posicionada sobre uma tira de poliéster e esta sobre uma placa de vidro com 20 mm de espessura. O compósito restaurador (todos na cor A2) foi inserido no interior da matriz em um único incremento, com o auxílio de uma espátula apropriada (Thompson nº 2), e sua superfície coberta por outra tira de poliéster, sendo em seguida pressionada por outra placa de vidro também de 20 mm, que posteriormente era removida.

Logo após, a ponta ativa do aparelho fotopolimerizador foi posicionada próximo, porém sem tocar, ao conjunto matriz metálica / material restaurador. Os compósitos foram fotoativados por uma das três fontes de luz utilizadas no presente estudo, sendo luz halógena (*Ultralux* – Dabi Atlante), Led (*New Led 2D* - Newdent) e arco de plasma de xenônio (*Apollo 95E* – DMD), seguindo rigorosamente as recomendações dos respectivos fabricantes quanto a técnica e tempo de fotopolimerização das resinas compostas (quadro 2), perfazendo nove grupos experimentais (quadro 3). Ao término de cada grupo fotopolimerizado com luz halógena, foi realizada aferição utilizando radiômetro, com intensidade de luz permanecendo em 500 ± 10 mW/cm², enquanto o aparelho Led permaneceu em 100 ± 10 mW/cm². O aparelho de arco de plasma emitia luz em uma intensidade de 1900 ± 10 mW/cm². Desta forma, foram confeccionadas quatro amostras para cada grupo experimental, perfazendo um total de 36 corpos-de-prova.

Em seguida, tanto a superfície irradiada quanto a oposta dos corpos-de-prova foram aplainadas e polidas utilizando lixas

de carbetto de silício com granulações de 400, 600 e 1200. Após, os corpos-de-prova foram levados a um aparelho de ultra-som (*Biowash TD 30 Plus* – Bioart) por 15 minutos para completa remoção de resíduos localizados entre o compósito e a matriz metálica. Assim, foi possível obter uma superfície plana e sem resíduos, o que permitiu a mensuração da fenda formada entre o material restaurador e matriz metálica. Após isso, foram feitas quatro marcações à caneta *Pilot*, que correspondiam a 3, 6, 9 e 12 horas da face de um relógio, sobre a matriz metálica.

Os corpos-de-prova foram mantidos em temperatura ambiente por ± 24 horas antes da medição da fenda. Após, os corpos-de-prova foram fixados em *stubs* metálicos com fita adesiva carbonada, e metalizados através de uma cobertura com ouro com 24 quilates 99,99%, sob pressão 0,5 mbar, em metalizadora K 550 X (Emitech), sendo em seguida mensurados em microscópio eletrônico de varredura LEO 1430 (Leo Zeiss).

Quadro 2. Tempos de fotoativação para diferentes resinas compostas e fontes de luz.

Resina Composta	Fonte de luz		
	Luz Halógena	Led	Arco de Plasma
Opallis (FGM)	40 s + 40 s	40s + 40 s	3s
Filtek Z250 (3M Espe)	20s	20s	3s
Filtek Z350 (3M Espe)	20s	20s	3s

Quadro 3. Designação dos grupos experimentais.

Grupo	Resina Composta	Fonte de luz
1A	Opallis (FGM)	Halógena
1B	Opallis (FGM)	Led
1C	Opallis (FGM)	Arco de plasma
2A	Filtek Z250 (3M Espe)	Halógena
2B	Filtek Z250 (3M Espe)	Led
2C	Filtek Z250 (3M Espe)	Arco de plasma
3A	Filtek Z350 (3M Espe)	Halógena
3B	Filtek Z350 (3M Espe)	Led
3C	Filtek Z350 (3M Espe)	Arco de plasma

Quadro 1. Nomes comerciais (fabricantes), classificação, composição e lotes de fabricação das resinas compostas utilizadas.

Nome comercial	Classificação	Matriz polimérica	Carga inorgânica	Tamanho médio (carga)	% volume	Lote
Opallis (FGM)	Microhíbrida	Bis-GMA, Bis-EMA, TEGDMA	Vidro de bário-alumínio silicato	0,5µm	58%	100708
Filtek Z250 (3M Espe)	Microhíbrida	Bis-GMA, Bis-EMA, UDMA, TEGDMA	Zircônia / sílica	0,6µm	60%	8CM
Filtek Z350 (3M Espe)	Nanoparticulada	Bis-GMA, Bis-EMA, UDMA, TEGDMA	Sílica não-aglomerada: 20nm; Nanoaglomerados de zircônia / sílica: 5 a 20nm	0,6 a 1,4µm	59,5%	8PG

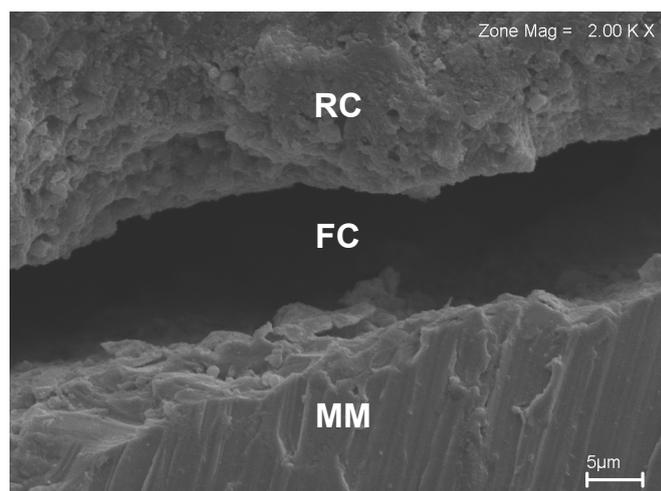


Figura 1. Fotomicrografia da fenda formada (FC) entre a matriz metálica (MM) e o compósito Opallis (RC), fotopolimerizado por luz halógena convencional (Ultralux – Dabi Atlante). (Aumento de 2000x).

As medidas foram obtidas nos quatro pontos, correspondentes a 3, 6, 9 e 12 horas, usando como referência a fenda formada entre matriz metálica e material restaurador (figura 1). Os valores e a média da fenda formada entre o material restaurador e matriz metálica foram obtidos em micrometros, com o aumento de 2000x. As leituras foram feitas na superfície de topo, ou seja, na região mais próxima do aparelho fotopolimerizador, dos corpos-de-prova de cada grupo. Os resultados foram submetidos a análise de variância (ANOVA 2-way) e as medidas comparadas pelo teste de tukey, ao nível de significância de 5%.

RESULTADOS

Os valores da média e desvio-padrão da fenda de contração de polimerização de cada grupo experimental estão descritos na tabela 1. Para a comparação entre grupos foi utilizada a análise de variância (ANOVA 2-way), observando-se diferença significativa entre os compósitos restauradores testados, em cada uma das combinações de tipo de fonte fotoativadora.

Mediante a aplicação do teste de Tukey (5%) foi possível a comparação pareada entre a resina composta para cada situação de fotopolimerização, havendo diferença estatística significativa entre estes, observadas nas tabelas 2 e 3.

Houve diferença estatisticamente significativa ($p < 0.05$) entre o compósito Opallis ($15.43 \pm 7.46 \mu\text{m}$) e o Filtek Z350 ($26.07 \pm 5.92 \mu\text{m}$), fotoativados com o mesmo tipo de luz (halógena). Outro resultado estatisticamente significativo ($p < 0.05$) foi verificado entre o compósito Filtek Z250 ($15.43 \pm 4.56 \mu\text{m}$) e o Filtek Z350 ($26.07 \pm 5.92 \mu\text{m}$), quando fotoativados também com luz halógena. Foi verificada diferença estatisticamente significativa ($p < 0.05$) também entre o compósito Opallis ($17.48 \pm 4.99 \mu\text{m}$) e o Filtek Z350 ($24.87 \pm 6.02 \mu\text{m}$), fotoativados arco de plasma.

O teste Tukey também indicou que houve diferença estatisticamente significativa para a resina composta Filtek Z350, quando fotoativada com Led ($19.84 \mu\text{m}$) e luz halógena ($26.07 \mu\text{m}$).

Tabela 1. Média e Desvio-Padrão da fenda de contração de polimerização das resinas compostas de acordo com a fonte de luz.

Grupo	Resina Composta	Fonte de Luz	Média (μm)	Desvio-Padrão (μm)
1A	Opallis	Halógena	15.43	± 7.46
1B	Opallis	Led	16.78	± 4.32
1C	Opallis	Arco de Plasma	17.48	± 4.99
2A	Filtek Z250	Halógena	17.12	± 4.56
2B	Filtek Z250	Led	19.03	± 5.42
2C	Filtek Z250	Arco de Plasma	19.03	± 6.17
3A	Filtek Z350	Halógena	26.07	± 5.92
3B	Filtek Z350	Led	19.84	± 4.38
3C	Filtek Z350	Arco de Plasma	24.87	± 6.02

Tabela 2. Média e desvio-padrão da fenda de contração de polimerização (μm) em relação às resinas compostas

Fonte de luz	Resinas Compostas		p-valor
Halógena	Opallis	Filtek Z350	$< 0.05^*$
	Filtek Z250	Filtek Z350	
Halógena	Opallis	Filtek Z250	$< 0.05^*$
	Filtek Z250	Filtek Z250	
Halógena	Opallis	Filtek Z350	ns
	Filtek Z250	Filtek Z350	
Led	Opallis	Filtek Z250	ns
	Filtek Z250	Filtek Z250	
Led	Opallis	Filtek Z350	ns
	Filtek Z250	Filtek Z350	
Led	Opallis	Filtek Z350	ns
	Filtek Z250	Filtek Z350	
Arco de plasma	Opallis	Filtek Z350	$< 0.05^*$
	Filtek Z250	Filtek Z350	
Arco de plasma	Opallis	Filtek Z250	ns
	Filtek Z250	Filtek Z250	
Arco de plasma	Opallis	Filtek Z350	ns
	Filtek Z250	Filtek Z350	

* Significativo a 5% (teste Tukey).
ns – não significativo.

Tabela 3. Média e desvio-padrão da fenda de contração de polimerização (μm) em relação às fontes de luz.

Resina Composta	Fonte de luz		p-valor
Opallis	Halógena	Led	ns
	15.43 \pm 7.46	16.78 \pm 4.32	
Opallis	Halógena	Arco de plasma	ns
	15.43 \pm 7.46	17.48 \pm 4.99	
Opallis	Arco de plasma	Led	ns
	17.48 \pm 4.99	16.78 \pm 4.32	
Filtek Z250	Halógena	Led	ns
	17.12 \pm 4.56	19.03 \pm 5.42	
Filtek Z250	Halógena	Arco de plasma	ns
	17.12 \pm 4.56	19.03 \pm 6.17	
Filtek Z250	Arco de plasma	Led	ns
	19.03 \pm 6.17	19.03 \pm 5.42	
Filtek Z350	Halógena	Led	< 0.05*
	26.07 \pm 5.92	19.84 \pm 4.38	
Filtek Z350	Halógena	Arco de plasma	ns
	26.07 \pm 5.92	24.87 \pm 6.02	
Z-350	Arco de plasma	Led	ns
	24.87 \pm 6.02	19.84 \pm 4.38	

* Significativo a 5% (teste Tukey).
ns – não significativo.

A figura 1 ilustra uma fotomicrografia da fenda formada (FC) entre a matriz metálica (MM) e o compósito Opallis (FGM) (RC), fotopolimerizado por luz halógena convencional (Ultralux – Dabi Atlante) (Aumento de 2000x).

DISCUSSÃO

As resinas compostas tornaram-se amplamente utilizadas na prática odontológica diária, representando a principal categoria de escolha para a recuperação anatomo-funcional dos dentes anteriores e posteriores. Contudo, estes materiais apresentam a característica intrínseca de contração durante o seu processo de polimerização, aspecto este que tem sido responsável por uma série de inconvenientes clínicos, comprometendo assim a longevidade das restaurações⁹.

Esta contração, e o estresse dela proveniente têm sido avaliados em laboratório através de diferentes metodologias. Dentre estas podemos citar a mensuração do estresse de contração gerado durante a polimerização por meio de um teste mecânico, onde a resina composta é posicionada entre duas plataformas metálicas, com a superior conectada a célula de carga, em uma máquina de ensaios universal. Ainda, fendas marginais na interface dente/restauração podem ser analisadas, em uma ava-

liação conhecida como contração parede-a-parede (*wall-to-wall shrinkage*), descrita por Asmusen e Jorgensen em 1972. Além disso, a chamada contração linear livre, na qual compósitos são inseridos em matrizes metálicas, ou de teflon, tem representado um método bastante simples e de fácil execução na avaliação da contração de polimerização, tendo sido proposta pioneiramente por Bowen e colaboradores⁴ (1983).

Ademais, o comportamento de contração das resinas compostas fotopolimerizáveis pode ser relacionado a diferentes fatores, como: tipo de monômero(s) utilizado(s), concentração de catalisador/iniciador, quantidade, tipo e tamanho de carga inorgânica⁸. Estes fatores podem explicar alguns resultados significativos encontrados no presente estudo, uma vez que resinas compostas de diferentes composições, e mesmo classificações (microhíbridas e nanoparticuladas), foram avaliadas.

Inicialmente, devemos destacar a diferença encontrada entre a resina composta Opallis (FGM) e a resina Filtek Z350 (3M Espe), quando ambas foram fotopolimerizadas por luz halógena. Nesse sentido, deve ser enfatizada a variação entre as formulações das duas resinas compostas, no que diz respeito aos monômeros que as compõe, com a Opallis (FGM) não apresentando o UDMA em sua composição. Assim, é válido relembrar que cada molécula de Bis-GMA e Bis-EMA contém duas ligações duplas de carbono alifáticas, e seis ligações duplas de carbono aromáticas. Por outro lado, moléculas de TEGDMA e UDMA contêm apenas duas ligações duplas de carbono alifáticas¹⁶.

A ausência do UDMA na composição da resina Opallis (FGM) sugere uma maior quantidade de Bis-GMA na formulação da mesma em relação ao compósito Filtek Z350 (3M Espe), o que é comprovado pelas porcentagens deste monômero nos dois materiais, sendo, respectivamente, 8% e 5%, conforme informações dos fabricantes.

Logo, uma redução no grau de conversão, e, portanto, na contração de polimerização, observado com maiores concentrações de Bis-GMA, como presente no compósito Opallis (FGM), pode ser explicado pela alta viscosidade conferida pelos grupos hidroxila, e pela rigidez devida aos anéis aromáticos (alto peso molecular), ou seja, uma menor concentração de grupos reativos, sendo estes fatores responsáveis pela redução na mobilidade necessária à propagação da cadeia polimérica, limitando assim a conversão final^{3,14}.

Ainda, admitindo novamente a relação direta entre grau de conversão e contração de polimerização, uma maior magnitude de cura para o compósito Filtek Z350 (3M Espe), observada pela formação de maior fenda de contração, pode ser atribuída pela presença do UDMA. Estudos anteriores já haviam demonstrado que resinas compostas que contêm UDMA seriam mais reativas do que aquelas a base de Bis-GMA apenas^{16,17}.

Por fim, há de se levar em conta a possível diferença entre os fotoiniciadores empregados nos compósitos Opallis (FGM) e Filtek Z350 (3M Espe), a qual pode afetar a reação de polimerização, e que não foram especificados pelos respectivos fabricantes¹⁶.

Por outro lado, considerando a significativa diferença na fenda de contração formada pelas resinas compostas Filtek Z250 (3M Espe) e Filtek Z350 (3M Espe), quando fotoativadas por luz halógena convencional, uma justificativa baseada na matriz orgânica das mesmas parece não ser plausível, visto a similaridade entre as mesmas conforme informações do fabricante. Dessa forma, o conteúdo de carga inorgânica, e mesmo o tamanho médio das partículas, parece responder ao comportamento diferente dos compósitos frente à contração de polimerização.

Observa-se uma quantidade ligeiramente maior de carga inorgânica na resina composta Filtek Z250 (3M Espe), o que corresponde a um maior módulo de elasticidade da mesma, estando em concordância com o fato de, em geral, as resinas microhíbridas apresentarem esta característica mecânica superior quando comparadas as nanoparticuladas^{4,18}.

De fato, um estudo recente evidenciou que a resina composta microhíbrida apresentou valores de módulo flexural e resistência flexural maiores em relação à resina nanoparticulada, quando ambas foram fotopolimerizadas por luz halógena (30 segundos) com uma intensidade de 650mW/cm² (fotopolimerização convencional, conforme empregado na presente pesquisa). Ainda, observou-se que o compósito nanoparticulado apresentou um grau de conversão maior (e, portanto, maior contração de polimerização) quando comparado ao microhíbrido, ainda na mesma técnica de fotopolimerização¹⁹.

Neste contexto, existe uma forte relação entre as partículas de carga de um determinado compósito e seu módulo de elasticidade. Logo, aumentando-se o conteúdo de carga, e, por conseguinte, diminuindo-se a capacidade de escoamento, eleva-se na mesma proporção o módulo de elasticidade. Contudo, por outro lado, uma alta incorporação de carga diminui a quantidade de matriz orgânica presente no compósito, contribuindo assim para uma redução na contração de polimerização observada^{2,4,20}.

Contudo, apesar do fato de um módulo de elasticidade maior (melhor comportamento mecânico) e contração de polimerização menor serem extremamente desejáveis a qualquer resina composta, estes dados merecem ser avaliados com cautela. O aumento no módulo de elasticidade, causado por uma maior quantidade de incorporação de carga, bem como pelo tipo e tamanho médio desta carga, diminui a capacidade de escoamento do compósito durante o seu processo de polimerização e obstrui seu rearranjo espacial em virtude da maior rigidez, levando a geração de estresse. Portanto, uma relação direta pode ser estabelecida entre a incorporação de carga e o estresse de contração apresentado, o qual pode ser entendido como resultado do produto entre a quantidade de contração e o módulo de elasticidade (Lei de Hooke)^{1,3,5,10,21-23}.

Em síntese, um aumento no conteúdo de carga e no módulo de elasticidade reduzem a contração de polimerização, ao passo que elevam o estresse gerado. Essa redução na contração pode ser entendida como um menor grau de conversão de monômeros em cadeias poliméricas, o que compromete as propriedades mecânicas e maximiza a susceptibilidade do compósito ao desgaste em função do tempo. Ainda, monômeros e iniciadores residuais (não reagidos) podem influenciar a biocompatibilidade

do material restaurador, além de haver a tendência de declínio da estabilidade de cor^{4,18}.

Um outro resultado que merece destaque, é a diferença entre a fenda de contração formada pela resina composta Opallis (FGM) e a resina Filtek Z350 (3M Espe), quando ambas foram fotoativadas com o arco de plasma de xenônio. Dentre as possibilidades de justificativa para tal acontecimento, encontra-se o tempo de fotopolimerização utilizado. Nesse sentido, conforme já explicitado anteriormente, a estratégia de fotoativação com o arco de plasma de xenônio apresenta-se bastante dependente do tipo de aparelho fotopolimerizador, que emprega uma altíssima intensidade de luz (entre 1320 e 1930 mW/cm², conforme relatos na literatura), em um reduzido tempo de ativação (3 segundos).

Dessa forma, devemos relembrar que com a resina composta Opallis (FGM) o tempo de fotopolimerização recomendado pelo fabricante é de 40 segundos, para incrementos de 1 mm de espessura. Contudo, pelo fato do presente estudo ter trabalhado com incrementos de 2 mm de altura, optou-se por dobrar o tempo de fotoativação, realizando-se dois ciclos de 40 segundos, perfazendo um tempo total de 80 segundos de fotopolimerização.

Contudo, deve ser enfatizado que este aumento no tempo de fotoativação, usado na tentativa de compensar a maior espessura do incremento de resina, só foi empregado com os aparelhos de luz halógena e Led. A fotopolimerização com o arco de plasma de xenônio seguiu o ciclo dispensado pelo próprio aparelho, correspondente a 3 segundos. Esta técnica de fotoativação não foi alterada por objetivar-se aproximar as condições de ensaio daquelas encontradas na ambiência clínica, indo ao encontro da principal vantagem atribuída aos aparelhos de arco de plasma, que corresponde a um tempo bastante reduzido de fotopolimerização.

Entretanto, parece que o tempo reduzido (3 segundos) de ativação luminosa do arco de plasma de xenônio foi insuficiente para desencadear uma adequada reação de polimerização no compósito Opallis (FGM), o qual necessita, segundo o fabricante, de um tempo bem maior de exposição à luz ativadora. Este fato foi observado *in loco* quando da confecção dos corpos-de-prova com esta resina composta, onde muitos apresentavam pouca, ou mesmo nenhuma, modificação de viscosidade (rigidez) no lado oposto ao de incidência de luz, ou seja, na base do corpo-de-prova, evidenciando um tempo de exposição insuficiente para a cura de um incremento de 2 mm de altura, mesmo empregando-se uma alta intensidade de luz.

Em outras palavras, uma inadequada conversão de monômeros em cadeias poliméricas, ou seja, um baixo grau de conversão está diretamente relacionado a uma menor contração volumétrica do compósito e, por conseguinte, a menores valores de módulo de elasticidade do mesmo, o que compromete significativamente suas propriedades mecânicas em virtude da subpolimerização empregada^{3,10,20-26}. Esta representa uma possível explicação para a diferença significativa na média de fenda de contração exibida pelo compósito Opallis (FGM), em relação à resina Filtek Z350 (3M Espe).

Outra justificativa que pode respaldar este resultado é cita-

da em recente estudo que aponta a polimerização insuficiente proporcionada por aparelhos de arco de plasma de xenônio, ou fontes de luz ativadoras com alta intensidade de irradiação. Segundo os autores, altas intensidades de luz utilizadas em curtos tempos de exposição, estão intrinsecamente associadas com uma elevada taxa de indisponibilidade de radicais livres, que nestas condições apresentam uma vida útil muito curta, comprometendo assim a extensão da reação de polimerização²⁷.

Destaca-se ainda que o tempo de fotopolimerização dos compósitos Filtek Z250 (3M Espe) e Filtek Z350 (3M Espe), conforme recomendação do fabricante foi exatamente o mesmo, sendo de 20 segundos para ambos. Nesse sentido, estas resinas parecem ter sido menos afetadas pelo curto tempo de fotopolimerização do arco de plasma de xenônio, o que se observou pela ausência de significância entre as médias de fenda de contração formadas por estes dois materiais.

No geral, independentemente do compósito avaliado, observa-se que a fotopolimerização com arco de plasma de xenônio exibiu os maiores valores médios de fenda de contração. Este dado está em concordância com um estudo que avaliou a contração linear livre de um compósito microhíbrido, inserido em cavidades tipo classe V, sem hibridização das paredes cavitárias, e fotopolimerizado por luz halógena, Led e arco de plasma. A maior média de fenda marginal foi observada com a ativação pelo arco de plasma, sendo explicada como resultado da alta intensidade de luz inicial proporcionada por este tipo de fonte luminosa, a qual não permite a existência de uma fase pré-gel mais longa, e compromete o escoamento necessário para compensar o estresse proveniente da redução volumétrica. Por essa razão, uma redução na taxa inicial de fotoativação tem sido associada a melhorias na qualidade da adaptação marginal²⁸.

Por fim, ressalta-se o resultado obtido pelo compósito Filtek Z350 (3M Espe) quando fotopolimerizado por luz halógena e Led, onde se observa uma média de fenda de contração significativamente maior obtida através da ativação pela primeira fonte de luz citada. Nesse sentido, um conceito recentemente introduzido parece respaldar tal achado, sendo conhecido como energia para polimerização. Esta se refere à quantidade de energia necessária para fotopolimerizar uma resina composta, e pode ser calculada pelo produto da intensidade emitida pela fonte luminosa (mW/cm^2), com o tempo empregado (ou recomendado) para a fotoativação de cada incremento resinoso (em segundos).

Assim, dentro dos parâmetros do presente estudo, e considerando-se uma intensidade de luz de $500mW/cm^2$ e $100mW/cm^2$, para os aparelhos de luz halógena e Led, respectivamente, obtemos energias de polimerização de $10.000mJ/cm^2$ e $2.000mJ/cm^2$ para o compósito Filtek Z350 (3M Espe) quando fotoativado pelas duas fontes de luz, obedecendo-se um tempo de ativação de 20 segundos.

Esta diferença, cinco vezes maior de energia, pode ser responsável por uma maior conversão da resina composta Filtek Z350 (3M Espe) quando fotopolimerizada por luz halógena, o que se traduziria em maior contração de polimerização e, por conseguinte, maior média de fenda de contração, ratificando a

hipótese de que o grau de conversão estaria muito mais associado à energia disponível para a polimerização, do que relacionado à intensidade de luz empregada¹⁶.

Nossos resultados estão de acordo com o trabalho de Rahiottis *et al.*²⁸(2004), que afirmam que não somente parâmetros individuais (intensidade de luz, modo de fotoativação e tempo de exposição) levam a uma eficiente polimerização das resinas compostas, mas que a energia total liberada por uma fonte luminosa deva ser considerada como fator crucial. Neste estudo, os autores observaram que o aparelho de luz halógena, emissor de maior energia, promoveu maiores graus de conversão quando comparado com as unidades Led e arco de plasma de xenônio.

Contudo, devemos estar atentos que tais diferenças na quantidade de energia liberada também se fizeram presentes com os outros compósitos aqui avaliados (Opallis – FGM, Filtek Z250 – 3M Espe), sem, entretanto, ser observada diferenças estatísticas com estes materiais quando fotoativados por diferentes fontes luminosas. Este dado aponta para o fato de que diferentes composições, e mesmo marcas comerciais de resinas compostas, necessitem de valores distintos de energia para obter sua polimerização ideal²².

Concluindo, devemos enfatizar que os resultados do presente estudo refletem tão somente os achados de uma investigação laboratorial, que se focou em avaliar a contração linear livre de diferentes categorias de resinas compostas frente à ativação por diferentes fontes luminosas. Dessa forma, os dados aqui compilados devem ser entendidos apenas como um dos muitos parâmetros necessários à elucidação do complexo processo de contração dos compósitos odontológicos, o que ratifica a constante necessidade de outros desenhos metodológicos, a fim de se avaliar as diversas variáveis pertinentes ao assunto, bem como a imperativa e imprescindível condução de estudos clínicos.

CONCLUSÕES

1 - As diferentes composições e classificações de resinas compostas exibem distintos comportamentos de contração de polimerização, observados sob o aspecto da fenda de contração formada, quando fotoativadas por diferentes fontes luminosas.

2 - A fotopolimerização por luz halógena tende a induzir a formação de fendas de contração significativamente menores nas resinas compostas microhíbridas (Opallis – FGM, Filtek Z250 – 3M Espe), em relação ao compósito nanoparticulado (Filtek Z350 – 3M Espe).

3 - No geral, a fotopolimerização por arco de plasma de xenônio produziu as maiores médias de fenda de contração, independente da resina composta avaliada, havendo, entretanto, diferença significativa apenas entre o compósito Opallis (FGM) e Filtek Z350 (3M Espe).

4 - O curto tempo de fotoativação do arco de plasma de xenônio (3 segundos) tende a influenciar mais o compósito com necessidade de maior tempo de exposição (Opallis – FGM), refletindo esta influência na menor média de fenda de contração exibida pelo material.

5 - No geral, a fotopolimerização por Led produziu valores intermediários de médias de fenda de contração, independente da resina composta avaliada, não havendo, portanto, diferença significativa entre os compósitos testados.

6 - A resina composta nanoparticulada (Filtek Z350 – 3M Espe) mostrou-se mais influenciada pela baixa intensidade de luz, e menor energia para polimerização, dispensada pelo Led, exibindo uma média de fenda de contração significativamente menor em relação àquela obtida com luz halógena.

REFERÊNCIAS

- Carvalho RM, Pereira JC, Yoshiyama M, Pashley DH. A review of polymerization contraction: The influence of stress development versus stress relief. *Oper Dent* 1996;21: 17-24.
- Lang AR, Conceição EM, Spohr AM. Mensuração “*in vitro*” da fenda de contração de polimerização de compósitos microhíbridos. *JBD* 2003;2:107-12.
- Stansbury JW., Trujillo-Lemon M, Lu H, Ding X, Lin Y, Ge J. Conversion-dependent shrinkage stress and strain in dental resin and composites. *Dent Mater* 2005;21:56-67.
- Pereira RA, Araújo PA, Castañeda-Espinosa, JC, Mondelli RFL. Comparative analysis of the shrinkage stress of composite resins. *J Appl Oral Sci* 2008;16:30-4.
- Davidson CL, Feilzer AJ. Polymerization shrinkage and polymerization shrinkage stress in polymer-based restoratives. *J Dent* 1997;25:435-40.
- Franco EB, Lopes LG. Contração de polimerização x adaptação marginal de restaurações em resina composta: abordagem atual. *Passo Fundo* 2000;5:37-41.
- Garcia MI, Araújo MAJ, Castro Filho AA. Avaliação da contração volumétrica de materiais resinosos. *RPG Rev Pós Grad* 2002;9:212-8.
- Irie M, Suzuki K, Watts DC. Marginal gap formation of light-activated restorative materials: effects of immediate setting shrinkage and bond strength. *Dent Mater* 2002;18:203-10.
- Obici AC, Sinhorette MAC, Goes MF, Consani S, Sobrinho LC. Effect of the photo-activation method on polymerization shrinkage of restorative composites. *Oper Dent* 2002;27:192-8.
- Braga RR, Ferracane JL. Alternatives in polymerization contraction stress management. *J Appl Oral Sci* 2004;12:1-11.
- Pereira RA, Araújo PA, Castañeda-Espinosa JC. Avaliação da força de contração de polimerização de resinas compostas: microhíbridadas, nanoparticuladas e ormocer. *JBD* 2005;14:181-7.
- Dewaele M, Truffier-Boutry D, Devaux J, Leloup G. Volume contraction in photocured dental resins: the shrinkage-conversion relationship revisited. *Dent Mater* 2006;22:359-65.
- Dauvillier BS, Aarnts MP, Feilzer AJ. Developments in shrinkage control of adhesive restoratives. *J Esthet Dent* 2000;12:291-9.
- Gonçalves F, Pfeifer CS, Ferracane JC, Braga RR. Contraction stress determinants in dimethacrylate composites. *J Dent Res* 2008;87:367-71.
- Christensen GJ. The curing light dilemma. *J Am Dent Assoc* 2002;133:761-3.
- Emami N, Söderholm K-JM. How light irradiance and curing time affect monomer conversion in light-cured resin composites. *Eur J Oral Sci* 2003;111:536-42.
- Asmussen E, Peutzfeldt A. Influence of UEDMA, BisGMA and TEGDMA on selected mechanical properties of experimental resin composites. *Dent Mater* 1998;14:51-6.
- Kleverlaan CJ, Feilzer AJ. Polymerization shrinkage and contraction stress of dental resin composites. *Dent Mater* 2005;21:1150-7.
- Silva EM, Poskus LT, Guimarães JGA. Influence of light-polymerization modes on the degree of conversion and mechanical properties: A comparative analysis between a hybrid and a nanofilled composite. *Oper Dent* 2008;33:287-93.
- Braem M, Lambrechts P, Van Doren V, Vanherle G. The impact of composite structure on its elastic response. *J Dent Res* 1986;65:648-53.
- Condon JR, Ferracane JL. Assessing the effect of composite formulation on polymerization stress. *J Am Dent Assoc* 2000;131:497-503.
- Coelho Santos MJM, Silva e Souza Jr MH, Mondelli RFL. Novos conceitos relacionados à fotopolimerização das resinas compostas. *JBD* 2002;1:14-21.
- Ferracane JL. Developing a more complete understanding of stresses produced in dental composites during polymerization. *Dent Mater* 2005;21:36-42.
- Venhoven BAM, De Gee AJ, Davidson CL. Light initiation of dental resins: dynamics of the polymerization. *Biomaterials* 1996;17:2313-8.
- Peutzfeldt A, Sahafi A, Asmussen E. Characterization of resin composites polymerized with plasma arc curing units. *Dent Mater* 2000;16:330-6.
- Danesh G, Davids H, Reinhardt KJ, Ott K, Schäfer E. Polymerisation characteristics of resin composites polymerized with different curing units. *J Dent* 2004;32:479-88.
- Feng L, Carvalho R, Suh BI. Insufficient cure under the condition of high irradiance and short irradiation time. *Dent Mater* 2009;25:283-9.
- Rahiotis C, Kakaboura A, Loukidis M, Vougiouklakis G. Curing efficiency of various types of light-curing units. *Eur J Oral Sci* 2004;112:89-94.

ABSTRACT

The aim of this study was to investigate the influence of photoactivation light source on polymerization shrinkage gap formed by three different universal composite resins, Opallis (FGM), Filtek Z250 (3M Espe) and Filtek Z350 (3M Espe). So, four samples were achieved for each experimental group, being: G1A – Opallis + halogen lamp; G1B – Opallis + light emitting diodes (Led); G1C – Opallis + plasma arc; G2A - Filtek Z250 + halogen lamp; G2B - Filtek Z250 + Led; G2C - Filtek Z250 + plasma arc; G3A - Filtek Z350 + halogen lamp; G3B – Filtek Z350 + Led; G3C - Filtek Z350 + plasma arc. Each composite was placed in a circular brass mold, and photocured according to manufacturer's instructions. An exception occurred with plasma arc, when a three seconds photopolymerization time was

adopted. Thereupon, the specimens were polished and, after twenty four hours, the polymerization shrinkage gaps of these samples were measured by scanning electronic microscopy. The measurements were obtained in four points located in positions corresponding to three, six, nine and twelve hours of a clock face. Results were submitted to analysis of variance and Tukey's test with 5% confidence level. The highest mean of polymerization shrinkage gap was related to G3A (26,07µm), while the lowest one was associated to G1A (15,43µm). Therefore, is possible to conclude that different compositions of restorative resins are particularly affected by different photoactivation light sources in terms of polymerization shrinkage.

KEYWORDS: Dental materials, composite resins, light.

ENDEREÇO PARA CORRESPONDÊNCIA:

Prof. Dr. Sandro Cordeiro LORETTO
Av. Conselheiro Furtado, nº3536B, apto. 1803,
Guamá, Belém-PA, CEP: 66073-160.
E-mail: sandroloretto@hotmail.com / sloretto@ufpa.br