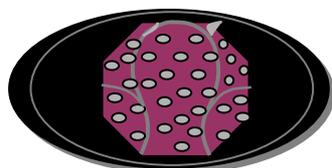




UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ODONTOLOGIA
ÁREA DE DENTÍSTICA E MATERIAIS ODONTOLÓGICOS



Dentística e Materiais Odontológicos - FOUFU



Relatório Técnico Final

Iniciação Científica – PIBIC/UFU

SAU-04/2010

Construção de aparelho de medição da contração pós-gel e validação da mensuração utilizando diferentes resinas compostas

Vinculado ao projeto de pesquisa do orientador intitulado:

Efeito do material restaurador, da técnica de polimerização na integridade adesiva, deformação de cúspides e tensões geradas na restauração de cavidades classe II em molares com grande perda estrutural

ALUNO: *Silas Junior Boaventura de Sousa, cursando o 9º período bolsista do CNPq desde 01/08/2009*

ORIENTADOR: *Prof. Dr. Carlos José Soares*

CO-ORIENTADORAS: *Profª.Dra. Veridiana Resende Novais e Mestranda Aline Arêdes Bicalho*

Resumo

A contração de polimerização pós-gel dos compósitos é responsável por gerar tensão/deformação no material restaurador, na interface adesiva e remanescente dental, podendo romper a interface adesiva gerando micro-infiltrações, cáries secundárias e dor pós-operatória. O objetivo deste trabalho foi confeccionar equipamento para mensuração da contração pós-gel de materiais odontológicos por meio de strain-gauge e validação do mesmo testando oito compósitos: Z100 (Z) (3M ESPE), Evolux (E) (Dentsply), ELS (El) (Saremco), Heliomolar (H) (Ivoclar-Vivadent), Aelite LS (A) (BISCO), GradiaDirect (G) (GC), Beautil II (B) (SHOFU) e P-90 (3M ESPE). Um strain-gauge (S) (CEA-06-032WT-120 M&M) bi-direcional e foto-célula (F) (Sanyo, AM-1417) foram posicionados em mesa de coordenada controlada por micrômetros analógicos (MytutoyoJapan). A fonte de polimerização (Optilux 500 Demetron-Kerr) foi fixada em haste metálica controlada por meio de relógio comparador (MytutoyoJapan) para padronizar distância de ativação. O S foi a dois canais e a F a outro canal da placa de aquisição de sinal. Permitindo transmissão de sinais simultâneos da intensidade luminosa e contração da resina inserida sobre o S. Uma porção de resina composta (n=10) com 2 x 2 x 1mm foi levada sobre o S, a unidade de fotoativação é acionada por 40s e a aquisição por 10 min. Os dados de 40s, 300s, 500s e 600s foram submetidos aos teste estatísticos Shapiro-Wilkseguidos de ANOVA fatorial eteste de Tukey ($p < 0,05$). Dentre as resinas testadas a P (- 980 \pm 148) obteve a menor contração pós-gel, seguida da El (-1520 \pm 50), H (-1635 \pm 59), A (-1745 \pm 141) e G (-1717 \pm 190) que foram semelhantes entre si e diferente de E (-2088 \pm 287) e B (-2651 \pm 222) tendo Z (- 3331 \pm 56) a maior contração. O aparelho foi eficaz na padronização do ensaio e dentro dos resultados obtidos, a correlação direta entre tamanho e quantidade de carga com a contração pós-gel.

Palavras chaves: contração pós-gel, reação polimerização, contração volumétrica, resina composta

Introdução

Com o objetivo de aumentar a resistência adesiva das resinas de metacrilato na estrutura dental, em 1955, Buonocore *et al.* utilizaram o tratamento de superfície do esmalte visando criar microporosidades. Nesse contexto, em 1963, Bowen, introduziu um novo material restaurador, resina a base de Dimetilmetacrilato (Bis-GMA), de alto peso molecular com a finalidade de aumentar sua resistência coesiva dando início aos compósitos. A partir desses princípios adesivos, surgiu um novo paradigma na odontologia restauradora, onde a preservação máxima da estrutura hígida é tida como princípio ideal.

Entretanto, a ruptura da interface adesiva ainda tem sido a falha mais frequentemente encontrada nas restaurações de resinas compostas, sendo a contração de polimerização uma das principais causas (Silva, *et al.* 2008 e Mjor & Toffenetti, 2000). Outras falhas clínicas podem ser associadas à contração de polimerização como fendas marginais, adaptação inadequada, microtrincas, microinfiltração e cáries secundárias (Jensen & Chan, 1985). Segundo Tantbirojnet *et al.* 2004, tensões residuais de contração de polimerização em combinação com a deformação da estrutura dental, podem causar ruptura adesiva, propagação de trincas em esmalte e sensibilidade pós-operatório. Sendo a contração de polimerização uma condição inerente dos materiais poliméricos, ações que atenuem seus efeitos são desejáveis na prática clínica.

Para minimizar os efeitos da contração de polimerização, a técnica de inserção incremental da resina composta tem sido indicada por alguns autores para atenuar as tensões geradas na interface adesiva (Neiva, *et al.* 1998). No entanto, algumas pesquisas utilizando métodos de elementos finitos MEF, demonstram que incrementos pequenos geram maiores tensões quando comparados com incrementos maiores e, portanto, a técnica de inserção incremental da resina não geraria uma menor tensão na estrutura dental (Versluis *et al.* 1996; Loguercio *et al.* 2004). Definir protocolos ou mesmo inovação tecnológica dos compósitos para amenizar a contração de polimerização constitui desafio atual e importante da odontologia, uma vez que as tensões geradas pela contração de polimerização dependem de diversos fatores como; intensidade da luz, tempo de fotoativação, propriedades mecânicas dos materiais e estrutura dental, método de inserção do material e também da geometria e extensão da cavidade. (Tantbirojnet *et al.* 2004; Versluis *et al.* 2004).

A contração de polimerização e conseqüentemente as tensões geradas são mais agressivas para dentes que perderam suas duas cristas marginais e quanto maior a perda de estrutura hígida maior tensão é concentrada no seu remanescente (Tantbirojnet *al.* 2004). Tensões geradas em cavidades maiores são concentradas quase que totalmente no remanescente hígido em contrapartida são muito pequenas na interfase adesiva e no interior da restauração (Versluis *et al.* 2004), parece pertinente portanto, a utilização de onlays nesses casos, para evitar possíveis trincas ou fraturas de esmaltes.

Nesse contexto, a utilização de nanopartículas em compósitos vem sendo utilizado com sucesso para diminuir a contração de polimerização sem afetar consideravelmente as propriedades mecânicas destes materiais (Moraes & Sobrinho, 2009). Uma vez que maior módulo de elasticidade dos compósitos leva a menor deformação no interior das restaurações, maior tensão é transferida para interface adesiva e remanescente hígido (Versluis *et al.* 2004). Já a dureza é influenciada diretamente pela intensidade da luz e tempo de foto ativação sendo seu aumento linear quando se aumenta ambas variáveis (Versluis *et al.* 2004), maior dureza dos compósitos está relacionado com suas estruturas e a melhor fonte de luz para suas características (Muñoz *et al.* 2008).

A contração de polimerização é resultado de três eventos que ocorrem de forma simultânea. Contração de polimerização dos monômeros, expansão térmica provocada pela fonte de luz e expansão térmica provocada pela reação exotérmica (Sakaguchi *et al.* 1997). Mensurar a contração de polimerização a partir da extensometria, compadronização de fonte de luz, distância da luz ao incremento, temperatura, intensidade luminosa e ângulo de incidência da luz bem como seu comprimento é um método de padronizar a mensuração de contração (Versluis *et al.* 2004, Sakaguchi *et al.* 1997). Muitos métodos como a utilização de dilatômetros, picnometria, bastões de vidros conectados a máquina de ensaio entre outros são exclusivamente utilizados para medir a contração do material, sendo muitas vezes mensurada a contração total do material. O processo de polimerização das resinas compostas envolve dois estágios (Sharp *etal.* 2003, Dewaele *et al.* 2006). O primeiro estágio (pré-gel), no qual o material ainda permanece com plasticidade que possibilita a deformação intrínseca sem que o processo de polimerização resulte em tensões. No segundo estágio, denominado pós-gel, a resina atinge rigidez que impossibilita a deformação durante a contração fazendo surgir as tensões residuais que podem determinar efeitos negativos à estrutura dental remanescente e à interface adesiva (Boaro *et al.* 2010). O desenvolvimento de um

equipamento que possibilite a mensuração de contração pós-gel de forma rápida e eficiente parece importante, porém se este equipamento puder ainda ser empregado na mensuração da deformação de cúspides decorrentes destas tensões de contração é altamente desejado. Equipamento que associa estas duas aplicações ainda não está disponível no mercado e assim para que se façam estes dois experimentos é necessário o emprego de equipamentos de alto custo.

Proposição

Desenvolver equipamento para mensurar contração de polimerização pós-gel e ainda a deformação de cúspide com concomitante aquisição dos valores de intensidade luminosa aplicada. Propõe ainda empregar o aparelho na avaliação da contração de polimerização pós-gel de oito compósitos, validando a proposta inicial.

Materiais e métodos

Este trabalho empregou a metodologia de Versluis *et al.* 2004, onde um strain-gauge (CEA-06-032WT-120 M&M, Raleigh, North Carolina- USA) bi-direcional conectado a dois canais de um aparelho de aquisição de sinais com uma fonte foto-célula conectada a outro canal do mesmo aparelho permite a transmissão de sinais simultâneos da intensidade luminosa da fonte de polimerização e da deformação da resina inserida sobre o strain-gauge conectado ao aparelho de aquisição de dados para monitoramento das amostras. Este conjunto estará conectado a um micro-computador que, por meio de software específico, receberá os sinais da placa de aquisição de dados.

Confecção do aparelho:

O aparelho foi confeccionado a partir da reprodução de um equipamento similar desenvolvido por Versluis *et al.* 2003 na University of Minnesota. Para tanto foi realizado um projeto em Auto CAD onde foram definidas dimensões e disposição de cada peça, assim como indicação dos locais de inserção da resina e adaptação da foto célula strain-gauge (Figura 1 e Figura 2). Os micrômetros nas laterais permitem a movimentação da mesa nas coordenadas (X,Y), sendo estes de alta

precisão, com um cursor de 20mm ambos (Mitutoyo, TokyoJapan). Para aferição da distância entre a ponteira do fotopolimerizador e o extensômetro foi empregado um relógio comparador da Mitutoyo com um cursor de 20mm.

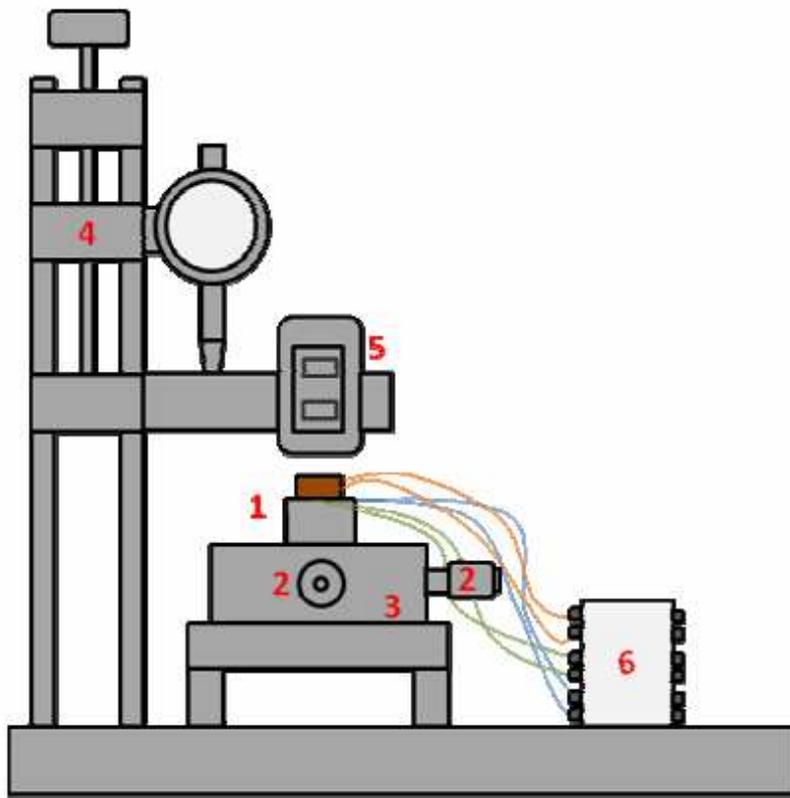


Figura 1. Protótipo do aparelho; 1- Base de ensaio para instalação do strain gauge e fotocélula, 2- micrômetros para aferição do deslocamento horizontal, 3- bases móveis nos eixos X e Y, 4- relógio comparador para aferição da distância vertical, 5- suporte para o fotopolimerizador e 6- chaves de conexão para comunicação com a placa de aquisição de dados ADS-500.

\

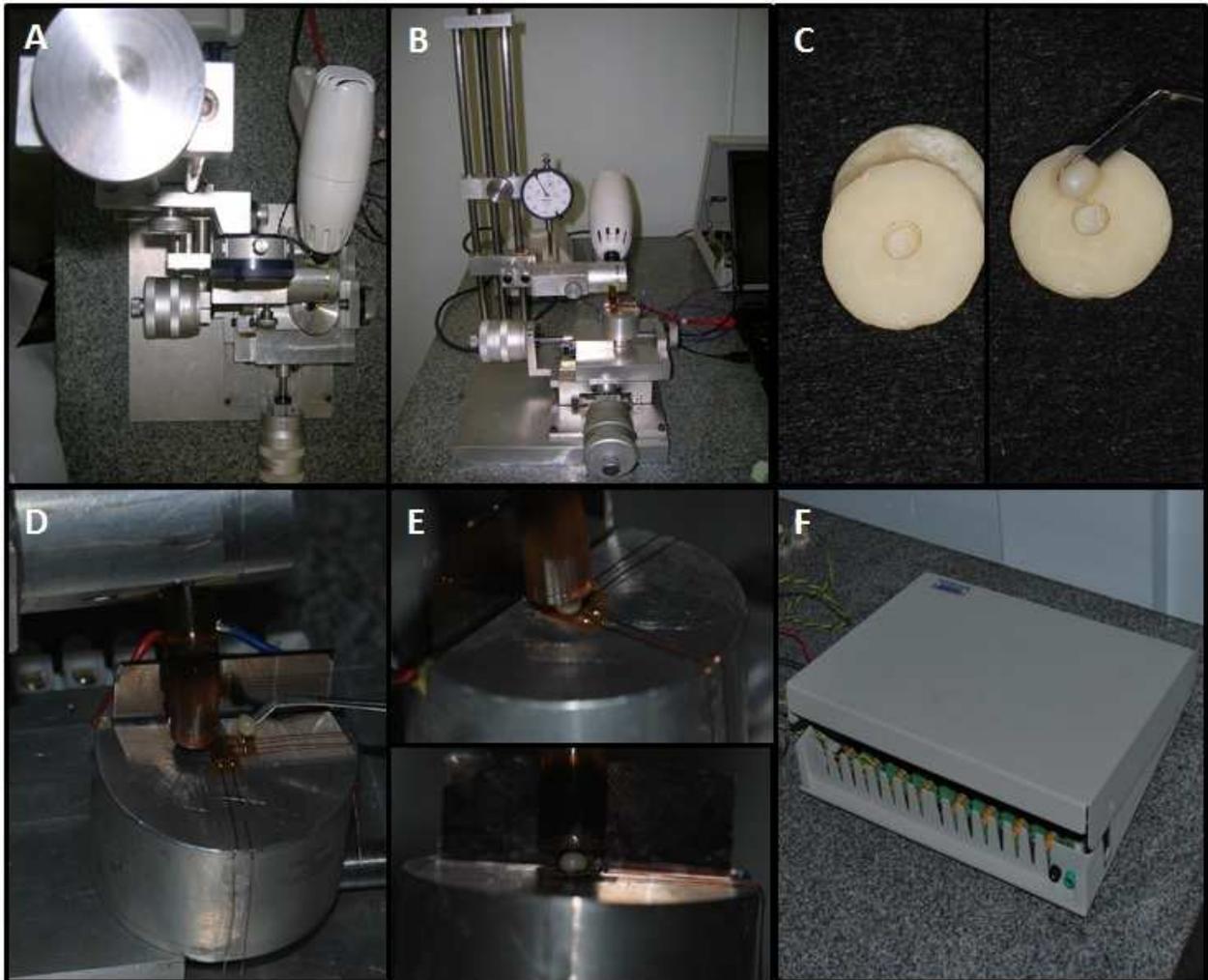


Figura 2. Aparelho padronizador de foto-ativação; A- vista superior, B- Vista frontal, C- matriz para padronização do volume de resina inserida, D- inserção da resina sobre o strain gauge e posicionamento da fotocélula, E- resina sobre o strain gauge pronta para a ativação, F- ADS-500.

Validação do aparelho com execução dos testes:

Foram utilizadas oito resinas compostas; Z100 (3M ESPE), Filtek™ P90 (3M ESPE), Evolu-X (Dentsply), Beautifil II (SHOFU), GradiaDirect (GC), ELS (Saremco), Heliomolar (Ivoclar-Vivadent), e Aelite (BISCO) (Figura 3).

Tabela 1. Especificações do fabricante dos compósitos

Resina	Fabricante	Lote	Classificação	Quant. carga/peso (%)	Quant. carga/volume (%)	Tamanho das Partículas	Matriz resinosa
Z-100	3M-ESPE	9EF	Microhíbrida	84,5	66%	3,5 μ m a 0,01 μ m	Bis-GMATEG DMA
GradiaDirect	GC	0808251	Microhíbrida	84,0	36%	0,85 μ m	UDMA
P-90	3M-ESPE	N128528	Micro-particulada	76%	55%	0,1 μ m a 2 μ m	Silorano
Evolux	Dentsply	154627	Nano-híbrida	76%	58%	4nm a 20nm	Bis-GMATEG DMA
Beautifil II	SHOFU	100871	Nano-híbrida	70%	54%	10nm a 20nm	BIS-GMA TEGDMA
Heliomolar	Ivoclar-Vivadent	K30118	Micro-híbrida	66,7%	46%	0,04 μ m a 0,2 μ m	Bis-GMA UDMA
AeliteLS	BISCO	0800006817	Nano-híbrida	84%	74%	1,1 μ m	Bis-GMA UDMA
Els	Saremco	03.2013-64	Micro-híbrida	65%	50%	0,07 μ m a 2,6 μ m	Bis-GMA

Para cada resina composta, um incremento (n=10, repetições do processo de medição para cada material) com 2 mm x 2 mm com 1 mm de espessura foi inserido sobre o strain-gauge bidirecional (CEA-06-032WT-120 M & M, Raleigh, North Carolina- USA). Para padronização deste volume foi confeccionado uma matriz em resina acrílica, e após ser definido o processo de medição do aparelho, a unidade de fotoativação Demetron LC (Kerr) foi posicionada com sua ponteira a 2mm do extensômetro e acionada por 40 segundos. Os sinais de intensidade luminosa foram capturados por um sensor foto-célula (Sanyo AM-1417), e a deformação nas duas direções (X e Y) capturados durante os 40 segundos de ativação e até 10 minutos depois depolimerizado. Os dados foram exportados para planilha em Excel e estes convertidos em arquivo.txt com combinações que sejam processadas na linguagem Fortran, do software de elementos finitos a ser utilizado posteriormente. Os dados obtidos nos instantes: 0, 40, 180, 300, 500 e 600 segundos foram submetidos à análise estatística para determinar a diferença na contração pós-gel isoladamente.



Figura 3. Compósitos testados (esquerda para direita; Z-100, P-90, Els, Beautil II, Heliomolar, GradiaDirect, Aelite LS e Evolux).

Análise estatística

Os resultados de contração medidos pelo strain-gauge foram adquiridos por meio de uma placa de aquisição de dados ADS-500 (Lynx-São Paulo-SP, Brasil), por meio dos programas AqDados e tabulados em planilha do Excel. Foram empregados para a análise estática os resultados captados nos instantes de 40s, 300s, 500s e 600s, no software Sigma Plot 11.0. O teste de Shapiro-Wilk detectou a normalidade das amostras e só então se utilizou uma análise de variância ANOVA em esquema fatorial seguido do Tukey para comparação múltipla entre os grupos.

Resultados

Os resultados obtidos pelo sensor foto-célula Sanyo (AM-1417) demonstrou que os valores da intensidade luminosa aplicada pelo Demetrom LC se manteve estável e constante com uma intensidade aproximada de 550 mW/cm^2 para todas resinas testadas como mostra a Figura 4. Mais de 90% da contração de polimerização pós-gel da resina de todos compósitos testados ocorreram nos primeiros 40 segundos com uma pequena contração com padrão linear que se manteve até os dez minutos de aquisição dos dados.

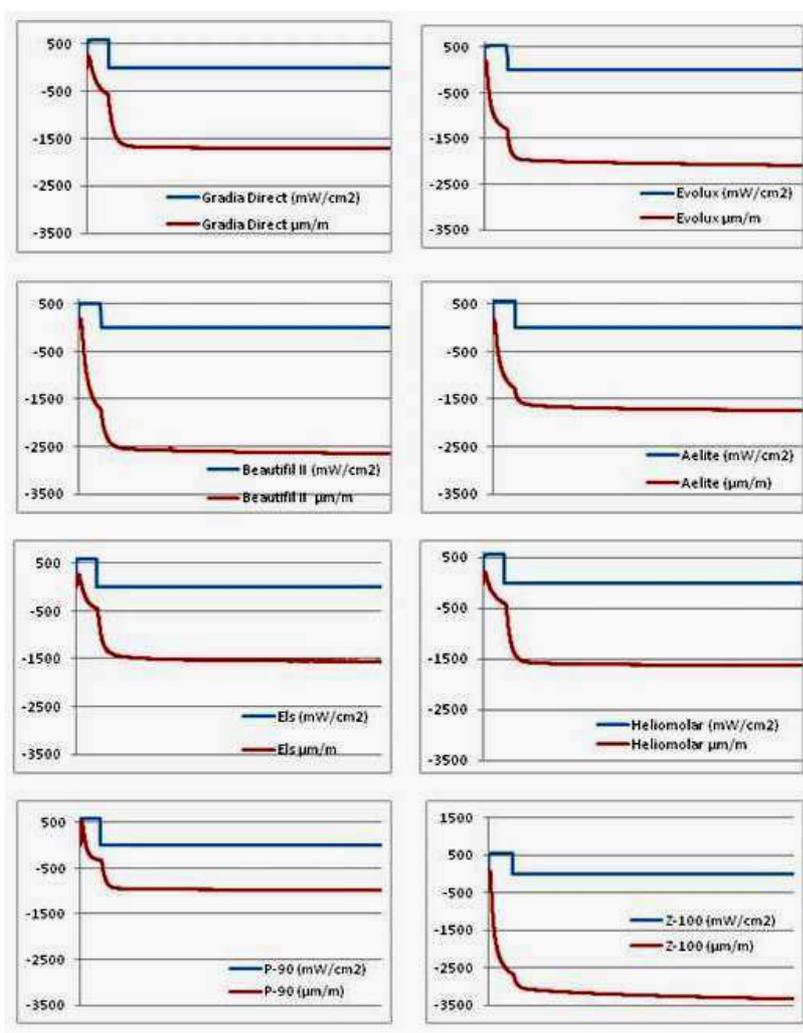


Figura 4. Gráficos com as médias de contração de polimerização pós-gel das resinas e intensidade da luz aplicada pelo Demetron LC, eixo X contração pós-gel em μS e eixo Y tempo com final de 10 min.

Ao final da ativação de luz é possível observar uma rápida contração do material, provocada pela contração térmica, uma vez que a reação de polimerização é exotérmica, tendo ainda a liberação de calor transferida pela fonte de luz. Com a redução da temperatura interna, o compósito sofre uma contração que está correlacionada com o coeficiente de dilatação térmica do material, sendo este intimamente ligado a cada compósito, uma vez que o seu coeficiente de dilatação térmica dependem diretamente da composição de sua matriz resinosa e quantidade de carga (Sakaguchi *et al.* 1997). A resina P-90 teve um padrão de polimerização diferente de todos os outros compósitos, logo após a ativação pela luz, uma grande expansão antes de iniciar a contração. Já as resinas Heliomolar e Els apresentaram baixa contração de polimerização até o instante de 40s chegando a ser estatisticamente semelhante a P-90 (Tabela 2), tendo ao fim da ativação pela luz uma contração rápida e intensa ficando estatisticamente diferente da resina P-90 nos instantes seguintes analisados (Figura 4).

A Tabela 2 demonstra a contração de polimerização pós-gel de diferentes resinas compostas em μS de em diferentes instantes de aquisição dos dados, as letras maiúsculas fazem comparação estatística entre diferentes resinas e letras minúsculas comparam os tempos de aquisição dos dados. Todas as resinas testadas foram diferentes estatisticamente nos primeiros 40s quando comparado com 300s, 500s e 600s sendo ambos semelhantes entre si, demonstrando que a conversão dos monômeros utilizando 550 mW/cm^2 durante 40s é quase completa em 300s mesmo quando comparada após dez minutos de aquisição dos dados (Tabela 2). A resina P-90 apesar de ser estatisticamente diferente de todas as demais testadas no instante de 600s com $980 \mu\text{S}$ apresentando o melhor desempenho foi semelhante estatisticamente a Heliomolar e Els no instante de 40s indicando assim padrões diferentes na reação de polimerização destes materiais (Tabela 2 e Figura 4). A resina Z-100 teve a maior contração de polimerização das resinas testadas chegando a $3331 \mu\text{S}$ após 10min de aquisição dos dados em seguida a resina Beautifil II com $2651 \mu\text{S}$, tendo a resina Evolux com $2088 \mu\text{S}$ a terceira maior contração pós-gel. As resinas GradiaDirect, Els, Heliomolar e Aelite LS tiveram resultados estatisticamente semelhantes.

Tabela 2. Contração Pós-gel de diferentes compósitos em $\mu\text{m}/\text{m}$ por período de aquisição em segundo (s).

Resinas Compostas	Períodos de avaliação			
	40s	300s	500s	600s
Filtek P-90	322 ± 132^{Aa}	972 ± 86^{Ab}	979 ± 86^{Ab}	980 ± 86^{Ab}
ELS	319 ± 65^{Aa}	1507 ± 47^{Bb}	1517 ± 50^{Bb}	1520 ± 50^{Bb}
Heliomolar	404 ± 36^{Aa}	1618 ± 58^{Bb}	1630 ± 59^{Bb}	1635 ± 59^{Bb}
GradiaDirect	556 ± 92^{Ba}	1701 ± 188^{Bb}	1713 ± 189^{Bb}	1717 ± 190^{Bb}
Aelite	1249 ± 124^{Ca}	1711 ± 137^{Bb}	1735 ± 140^{Bb}	1745 ± 141^{Bb}
EvoluX	1276 ± 172^{Ca}	2041 ± 296^{Cb}	2075 ± 291^{Cb}	2088 ± 287^{Cb}
Beautifil II	1694 ± 196^{Da}	2612 ± 222^{Db}	2639 ± 223^{Db}	2651 ± 222^{Db}
Z-100	2670 ± 78^{Ea}	3261 ± 59^{Eb}	3315 ± 56^{Eb}	3331 ± 56^{Eb}

Letras maiúsculas representam diferença estatística na vertical (comparação entre resinas compostas) e minúsculas na horizontal (comparação entre momento de mensuração).

A Tabela 3 apresenta os valores da contração de polimerização pós-gel linear das resinas testadas por meio do strain-gauge bi-direcional em μS assim como a contração volumétrica em porcentagem, para tanto foi empregado uma fórmula para transformação dos resultados de contração linear em volumétrica. Sendo que este método foi utilizado primeiramente por Sakaguchi *et al.*, em 1997 e também aplicado por Emami em 2003. Para tanto foi utilizada a seguinte relação onde:

$\Delta L =$ (Variação dimensional em μm)

$d =$ (Dimensão linear depois de polimerizado em μm)

D=(tamanho linear inicial da resina em μm).

$$\Delta L = D - d^{(1)}$$

Transformando esta alteração dimensional em percentual temos a seguinte relação:

$\Delta L\%$ = (Variação dimensional linear em Percentual)

$$\Delta L\% = \frac{\Delta L \times 100}{D}^{(2)}$$

$$\Delta V = \Delta L\% \times 3^{(3)}$$

Onde ΔV = (Contração volumétrica em Percentual)

Tabela 3.Contração volumétrica (MédiaVol% \pm SD) após 10 minutos de aquisição dos dados.

Resinas Compostas	Contração Volumétrica (%)	Categorias Estatísticas (teste de Tukey)
FiltekP-90	0,27 \pm 0,03	A
ELS	0,46 \pm 0,02	B
Heliomolar	0,49 \pm 0,02	B
GradiaDirect	0,51 \pm 0,02	B
Aelite	0,52 \pm 0,04	B
EvoluX	0,62 \pm 0,09	C
Beautifil II	0,79 \pm 0,07	D
Z-100	0,98 \pm 0,02	E

Letras diferentes indica diferença estatística significativa pelo teste de Tukey (P <0,05).

Ao se analisar a contração pós-gel volumétrica dos compósitos percebemos que a resina P-90 teve um valor de contração volumétrica de 0,27% do seu volume sendo diferente estatisticamente de todas as resinas testadas, seguidas da Els 0,46%, Heliomolar 0,49% GradiaDirect 0,51% e Aelite 0,52%sendo ambas semelhantes entre si. Já a resina Evolux teve uma contração volumétrica de 0,62% seguida da Beautil II com 0,79 e a Z-100 com a maior contração volumétrica de 0,98% (Tabela 3).

Discussão

O aparelho padronizador de foto-ativação respondeu satisfatoriamente na padronização dos dados obtidos, sendo este de extrema importância por permitir mensurar com exatidão a distância da fonte emissora de luz até a amostra testada, sendo esta distância passível de reprodução. Este aparelho ainda pode ser empregado na padronização de diversos ensaios que utilizam extensometria na odontologia como por exemplo na deflexão de cúspide provocado pelas tensões geradas pela contração de polimerização, portanto a confecção do aparelho implicaria em uma maior confiabilidade dos resultados obtidos pelos ensaios de extensometria aumentando a importância dos trabalhos que utilizarem este ensaio.

Analisando o comportamento dinâmico da contração de polimerização dos compósitos testados por meio da Figura 4 é possível notar que a resina P-90 possui uma expansão inicial muito expressiva quando comparada com as demais resinas testadas, esta expansão nada mais é do que uma dilatação térmica do material provocado pela transferência de temperatura advinda da foto ativação e da reação exotérmica dos compósitos, entretanto esta dilatação é rapidamente compensada pela contração da reação de polimerização, além desta dilatação térmica, na resina P-90 se tem ainda uma abertura nos anéis aromáticos do Oxiorano, o que provoca um aumento volumétrico do material explicando sua maior expansão no início da reação. Em 1997 Sakaguchi *et al.*, analisando por meio de strain-gauge a contração pós-gel de quatro resinas compostas, destacou este mesmo efeito, tendo este encontrado valores inferiores ao deste trabalho para a resina Z-100 que foi de apenas 2884 μS muito inferior ao encontrado em nosso trabalho de 3331 μS . Entretanto, a utilização do Demetron LC 100 emitia uma potência de luz na faixa dos 400 mW/cm^2 sendo que neste trabalho a faixa foi sempre superior a 530 mW/cm^2 , com uma maior intensidade de luz maior a fase pré-gel tende ser mais curta, aumentando a contração na fase pós-gel onde os strain-gauge conseguem captar a contração, Em outro trabalho, Clifford *et al.*, 2009 obteve resultados semelhantes para resina Z-100 na faixa de 3045 μS quando utilizado uma potência de 630 mW/cm^2 demonstrando ainda que quando utilizado uma técnica de soft-start com uma média de 579 mW/cm^2 a contração pós-gel foi de apenas 2196 μS demonstrando um prolongamento na fase pré-gel do material.

Da mesma forma que há uma dilatação térmica das resinas compostas imediatamente após o início da foto ativação, quando se termina a ativação física da luz é possível notar uma contração bem acentuada neste instante (Figura 4), tendo valores mais expressivos para as resinas Els,

Heliomolar e GradiaDirect chegando a uma contração de $\pm 500\mu\text{S}$ na média destes grupos. O coeficiente de dilatação térmica das resinas composta está ligado à quantidade de carga inserida na matriz resinosa, sendo que quanto maior a quantidade de carga menor o coeficiente de dilatação térmica destes materiais. Ao se analisar a Tabela 1 é possível notar que as resinas Gradiadirect com 36% de carga em volume, Heliomolar 46% e Els 50% possuem a menor quantidade de carga quando comparadas com as demais resinas testadas, outro critério observado é que a resina GradiaDirect não se utiliza Bis-GMA na sua matriz resinosa empregando UDMA, já a Heliomolar possuindo ambas tendo a Els apenas Bis-GMA. Em 1996, Versluis *et al.*, utilizando strain-gauges para mensuração do coeficiente de dilatação dos compósitos, encontrou uma relação linear inversamente proporcional entre quantidade de carga da resina e o coeficiente de dilatação térmica, estando de acordo com Soderholm, 1984 empregou dilatômetros para mensuração do coeficiente de dilatação térmica de resinas compostas.

A resina Z-100 apresentou isoladamente a maior contração de polimerização em todos os tempos de aquisição entre todas as resinas testadas, sendo os dados estatisticamente significantes. A sua maior contração está ligada à irregularidade do tamanho de suas partículas com aumento no volume final do material e com isso uma maior contração é necessária para a formação dos polímeros, entretanto a sua grande quantidade de carga de 84% em peso e 66% em volume deveria reduzir a contração do material por diminuir a quantidade de matriz resinosa responsável por esta propriedade do material, contudo quando se aumenta muito a quantidade de carga se perde a fluidez do material, sendo necessário o acréscimo de quantidade de TEGDMA na composição de sua matriz a fim de melhorar a fluidez aumenta a contração de polimerização, pois o TEGDMA tem uma contração superior ao Bis-GMA. Outra possível explicação seria uma maior dificuldade de união entre a carga e a matriz resinosa, o que gera menor tensão interna com maior contração como demonstrado no trabalho de Soderholm *et al.*, 1984, Testando diferentes concentrações de tratamento de silano na composição de diferentes compósitos empregando TEGDMA como matriz resinosa.

A resina Beautifil II teve o segundo pior resultado com 2651 μS após dez minutos, sendo estatisticamente diferentes às demais resinas testadas em todos os tempos de aquisição dos dados, Sendo um compósito nano-híbrido com tamanho entre 10nm e 20nm e uma quantidade de carga intermediária entre as resinas testadas mostra que o tamanho médio das partículas não é um fator predominante na contração de polimerização pós-gel, sendo que as resinas Els e

Heliomolarque são micro-híbridas tiveram resultados bem menores, chegando a ser estatisticamente significantes. Portanto ao se analisar o efeito das características morfológicas das partículas de carga na contração pós-gel não basta apenas avaliar tamanho destas partículas, sendo coerente buscar uma correlação com a uniformidade e forma destas partículas, uma vez que quanto maior a uniformidade e esféricas forem estas partículas menor seria o espaço inicial ocupado pelas resinas composta e conseqüentemente menor contração de polimerização, no entanto, neste trabalho não avaliamos estas características sendo necessários mais trabalhos que avaliem estas propriedades para confirmação desta possível correlação, uma análise qualitativa por meio de microscopia eletrônica de varredura poderia ser empregada, a sua ausência limita a capacidade de avaliação desta possível correlação tendo ainda outros fatores importantes a serem avaliados como módulo de elasticidade e dureza destes materiais.

Segundo Boaro *et al.* 2010, o aumento da quantidade de carga na matriz resinosa não parece ser uma alternativa eficaz e deve ser realizada com critério, estando de acordo com os resultados obtidos quando a matriz resinosa empregada é a base de Bis-GMA e o diluente utilizado é o TEGDMA. Ao se analisar a resina Evolux, esta teve 2088 μS de contração pós-gel linear após dez minutos tendo a terceira maior contração pós-gel sendo estatisticamente diferente aos demais compósitos apresentando 0,67% de contração volumétrica (Tabela 2 e 3), apesar de ser um compósito nano-híbrido e possuir o segundo maior percentual de carga por volume chegando a 58% em peso e 77% em volume, sendo assim, uma maior concentração do diluente TEGDMA, empregado para aumentar a fluidez do compósito poderia ser o responsável por aumento na contração final. Em contraste a esses resultados, a resina Aelite LS posterior da Bisco possui uma grande concentração de carga tendo 84% em peso e 74% em volume tendo uma contração de apenas 1745 μS de contração sendo estatisticamente maior apenas que a resina P-90. A substituição do TEGDMA por UDMA é uma provável explicação para a menor contração e ainda uma distribuição mais uniforme e menor da carga, uma vez que a relação porcentual entre concentração em volume e peso foi bem próxima quando comparado com as outras resinas compostas (Tabela 1).

As resinas Aelite LS, GradiaDirect, Heliolar e Els foram semelhantes estatisticamente em dez minutos de aquisição dos dados, tendo a contração volumétrica pós-gel de 0,52%, 0,51%, 0,49% e 0,46 respectivamente (Tabela 2 e 3). As resinas Els com 319 μS e a Heliomalar com 404 μS chegaram a ser estatisticamente semelhante à resina P-90 com 322 μS no instante de 40s de

aquisição dos dados, sendo estes resultados justificados pelas curvas apresentadas na Figura 4, onde indicam ter um coeficiente de dilatação térmica maior que as outras resinas compostas tendo sua contração compensada por uma expansão térmica no momento da fotoativação. Este maior coeficiente de dilatação térmico está ligado ao baixo conteúdo de carga destes compósitos como foi demonstrado por Versluis *et al.*, em 1996.

A resina P-90 da 3M ESPE teve a menor contração de polimerização entre todas as resinas testadas, sendo este resultado esperado por este material ser de uma base polimérica distinta, o silorano, que possui uma abertura de seus anéis de benzila no momento da reação de polimerização, enquanto as demais resinas utilizam os metacrilatos que possuem uma contração de polimerização maior.

Conclusão

Dentro das limitações deste trabalho e dos resultados obtidos podemos concluir que:

- 1- O aparelho de padronização do ensaio de mensuração da contração pós-gel por meio de strain-gauges, foi eficaz na padronização do ensaio.
- 2- Matriz resinosa a base de silorano possuem menor contração que os metacrilatos.
- 3- O aumento na quantidade de carga para reduzir a contração pós-gel só parece ser satisfatório quando a matriz resinosa empregada é o UDMA.
- 4- Não foi possível estabelecer uma relação linear entre quantidade de carga e contração pós-gel, sendo necessários mais estudos que relacionem as características morfológicas e concentração da carga dos compósitos odontológicos.

Referências

- 1- CLIFFORD, S.S; ROMAN-ALICEA, K.; TANRBIROJN, D.; VERLUIIS, A. - Shrinkage and hardness of dental composites acquired with different curing light sources. *Quintecense Internacional*, v. 40, p. 203-214, 2009.
- 2- BOWEN, R.L. - Properties of silica reinforced polymer for dental restorations. *J. Amer. Dent. Ass.*, v. 66, n.1, p.57-64, 1963.
- 3- BOARO, L.C.C.; ALVESA, F.C; GUIMARÃESA, T.C.; FERRACANE, J.L.; VERSLUIS, A.; BRAGAA, R.R. - Polymerization stress, shrinkage and elastic modulus of current low-shrinkage restorative composites. *Dent. Mat.* V. 26, p. 1144-1150, 2010.

- 4- BUONOCORE, M.G. - A simple method for increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J Dent Res*, v. 34, p.849-53, 1955.
- 5- DEWAELEA, M.; TRUFFIER-BOUTRYA D.; DEVAUXB, J.; LELOUPA, G.T. - Volume contraction in photocured dental resins: The shrinkage-conversion relationship revisited. *Dental Materials* v. 22, p. 359–365, 2006.
- 6- JENSEN M.E., CHAN D.C.N.- Polymerization shrinkage and microleakage. Vanherle G, Smith DC, editors. *Posterior composite resin dental restorative materials*. Utrecht: Peter Szulc Publishing Company; v. 4, p. 243-246, 1985.
- 7- LOGUERCIO, A.D.; REISA, A.; SCHROEDERB, M.; BALDUCCIC, I.; VERSLUIS, A.; BALLESTERE, RY. Polymerization shrinkage: effects of boundary conditions and filling technique of resin composite restorations. *Journal of Dentistry* v. 32, p. 459–470, 2004.
- 8- MJOR, I.A.; TOFFENETTI,F. - Secondary caries: a literature review with case reports.*Quintessence International* v. 31,p.165-79, 2000.
- 9- MORAES, R.R.; SOBRINHO, L.C.de. Redução da contração de polimerização em resinas e compósitos odontológicos pela adição de nanopátículas poliméricas reticulados. Piracicaba. Tese (Doutorado em Materiais Odontológicos) – Universidade Estadual de Campinas, 2009. 67 p.
- 10- MUÑOZ, C.A.; BOND, P.R.; SY-MUÑOZ, J.; TAN, D.; PETERSON, J. - Effect of pre-heating on depth of cure and surface hardness of light-polymerized resin composites. *American Journal of Dentistry*, v. 21, 2008.
- 11- NEIVA I.F.; ANDRADA, M.A.; BARATIERI, L.N.; MONTEIRO, J.R.; RITTER, A.V. -An in vitro study of the effect of restorative technique on marginal leakage in posterior composites. *Operative Dentistry*, v. 9,p. 23:282, 1998.
- 12- NEISSER, M.P.; GOES, M.F.; ROLLO, M.A.; CONSANI, S. de.Efeito da ciclagem térmica na determinação do coeficiente de expansão térmica e dureza Knoop de compósitos odontológicos. *Rev. Odontol. UNESP, São Paulo*, v. 26, n. 2, p. 369-386, 1997.
- 13- SAKAGUCHI, R.L.; VERSLUIS, A.; DOUGLAS, W.H. - Analysis of strain gage method for measurement of post-gel shrinkage in resin composites. ***Dent Mater* v. 13, p. 233-239, 1997.**
- 14- SHARP, L.J.; CHOI, I.B.; LEEB, T.E.; SY, A.; SUH, B.I. - Volumetric shrinkage of composites using video-imaging.*Journal of Dentistry* (2003) 31, 97–103
- 15- SILVA, J.M.F.; ROCHA, D.M.; KIMPARA, E.T.; UEMURA, E.S. de. Resinas compostas: estágio atual e perspectivas. *RevistaOdonto, São Bernardo do Campos*,v. 16, n. 32, 2008.

- 16- SODERHOLM, KJM. - Influence of Silane Treatment and Filler Fraction on Thermal Expansion of Composite Resins. *J. Dent. Res.*, 1984.
- 17- TANTBIROJN, D.; VERSLUIS, A.; PINTADO, M.R.; DELONG, R.; H. DOUGLAS, W.H.. - Tooth deformation patterns in molars after composite restoration. *Dental Materials* v. 20, p. 535–542, 2004.
- 18- VERSLUIS, A.; TANTBIROJN, D.; PINTADO, M.R.; DELONG, R.; DOUGLAS, W.H. - Residual shrinkage stress distributions in molars after composite restoration. *Dental Materials* v. 20, p. 554–564, 2004.
- 19- VERSLUIS, A.; TANTBIROJN, D.; DOUGLAS, W.H. - Do Dental Composites Always Shrink Toward the Light?. *J Dent Res*, v.77, p. 1435-1445, 1998.
- 20- VERSLUIS, A.; DOUGLAS, W.H.; CROSS, M.; SAKAGUCHI, R.L. - Does an Incremental Filling Technique Reduce Polymerization Shrinkage Stresses?. *J Dent Res*, v. 75, p. 871-878, 1996.
- 21- VERSLUIS, A.; TANTBIROJN, D.; DOUGLAS, W.H. - Distribution of transient properties during polymerization of a light-initiated restorative composite. *Dental Materials* v. 20, p. 543–553, 2004.
- 22- VERSLUIS, A.; DOUGLAS W.H.; SAKAGUCHI, R.L. - Thermal expansion coefficient of dental composites measured with strain gages. *Dental Materials*, v. 12, p. 290-294, 1996.