

LUIZ PAULO DOS SANTOS SALGADO JUNIOR

AVALIAÇÃO DA CONTRAÇÃO DE POLIMERIZAÇÃO DE UMA RESINA  
COMPOSTA FOTOPOLIMERIZÁVEL DE USO UNIVERSAL,  
VARIANDO-SE A TÉCNICA DE INSERÇÃO DO MATERIAL,  
MEDIDA POR PICNÔMETRO A GÁS

São Paulo

2004

Luiz Paulo dos Santos Salgado Junior

Avaliação da contração de polimerização de uma resina composta  
fotopolimerizável de uso universal, variando-se a técnica de inserção do  
material, medida por picnômetro a gás

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia  
da Universidade de São Paulo para obtenção do título  
de Mestre, pelo Programa de Pós-Graduação em  
Odontologia.

Área de Concentração: Dentística

Orientador: Prof. Dr. Michel Nicolau Youssef

São Paulo

2004

## FOLHA DE APROVAÇÃO

Salgado Junior LPS. Avaliação da contração de polimerização de uma resina composta fotopolimerizável de uso universal, variando-se a técnica de inserção do material, medida por picnômetro a gás [Dissertação de Mestrado]. São Paulo: Faculdade de Odontologia da USP; 2004.

São Paulo, \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_

### Banca Examinadora

1) Prof(a). Dr(a). \_\_\_\_\_

Titulação: \_\_\_\_\_

Julgamento: \_\_\_\_\_ Assinatura: \_\_\_\_\_

2) Prof(a). Dr(a). \_\_\_\_\_

Titulação: \_\_\_\_\_

Julgamento: \_\_\_\_\_ Assinatura: \_\_\_\_\_

3) Prof(a). Dr(a). \_\_\_\_\_

Titulação: \_\_\_\_\_

Julgamento: \_\_\_\_\_ Assinatura: \_\_\_\_\_

## **DEDICATÓRIA**

A minha esposa Claudia, por seu apoio, compreensão e amor. Meu eterno carinho, amizade e amor.

Aos meus Pais, Luiz Paulo e Léa, responsáveis por minha formação, exemplos de honestidade e carinho.

Aos meus irmãos, Leonardo e Marta, pelo carinho e apoio que sempre me prestaram.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu orientador, Prof. Dr. Michel Nicolau Youssef, pelo respeito, paciência e orientação na realização deste trabalho. Obrigado por ter acreditado em minha capacidade.

Ao Prof. Dr. Hugo Roberto Lewgoy, pela ajuda na realização da avaliação estatística dos resultados deste trabalho.

Aos meus colegas do curso de pós-graduação, pela convivência e amizade, e pelas experiências compartilhadas.

A todos os alunos e professores da Faculdade de Odontologia da Universidade Veiga de Almeida, em especial aos professores da Disciplina de Clínica Integrada, pelo apoio inestimável.

Ao colega Rodrigo Asmar de Lucas e seu pai, Rubens Murilo de Lucas, por intermediarem o contato com o Instituto de Pesquisa da Marinha.

Ao Comandante do Instituto de Pesquisa da Marinha, por ter permitido meu acesso ao Laboratório de Caracterização do Grupo de Materiais, para que pudesse realizar meus testes de picnometria.

Ao amigo Luiz Fernando Granja, por ter confeccionado a matriz metálica que possibilitou a realização deste estudo.

À Márcia Cavaco, responsável pelo Picnômetro do Laboratório de Caracterização do Instituto de Pesquisa da Marinha.

Salgado Junior LPS. Avaliação da contração de polimerização de uma resina composta fotopolimerizável de uso universal, variando-se a técnica de inserção do material, medida por picnômetro a gás [Dissertação de Mestrado]. São Paulo: Faculdade de Odontologia da USP; 2004.

## RESUMO

Dada sua versatilidade e excelência estética, a resina composta é o material restaurador direto mais utilizado nas intervenções da clínica odontológica. Uso tão intenso levou pesquisadores e fabricantes a trabalharem na evolução deste material, conferindo-lhe aumento em sua resistência à compressão e abrasão, bem como melhora em seu comportamento estético. Infelizmente, um problema intrínseco da resina, a contração de polimerização é sua principal desvantagem, e caracteriza-se pela alteração volumétrica que sofre quando as moléculas de seus monômeros se unem para a formação das cadeias poliméricas. Uma das principais técnicas para combater os efeitos nocivos desta alteração volumétrica é a inserção incremental do material na cavidade a ser restaurada. Nesta pesquisa, a contração de polimerização de uma resina composta de uso universal (Charisma Heraeus Kullser) será avaliada variando-se a técnica de inserção do material na cavidade em incremento único ou três incrementos oblíquos, através do método da picnometria a gás. O picnômetro Accupyc 1330 (Micromeritics) permite medições rápidas e fiéis do volume da resina composta antes e após a fotoativação. Os resultados mostram que ocorreram diferenças estatísticas entre as duas técnicas, sendo a técnica de único incremento a que apresentou menor contração de polimerização.

Palavras-chave: Contração de polimerização; técnica de inserção; picnometria.

Salgado Junior LPS. Polymerization shrinkage evaluation of an universal light curing composite resin, varying the placement techniques, measured by gas pycnometer [Dissertação de Mestrado]. São Paulo: Faculdade de Odontologia da USP; 2004.

## **ABSTRACT**

Because of its versatility and aesthetic excellency, composite resin is one of the most utilized direct restorative materials. Because of the resin intense use, the number of researches to improve its performance are numerous, and can be verified by the resin aesthetic behavior and its compressive and abrasion strenght increase. In spite of the mentioned developments, the polymerization shrinkage inherent of the material had been a major deficiency, and can be understood by the alteration in volume of the material after the polymerization process. In the present study, the polymerization shrinkage of the restorative material Charisma (Heraes Kulzer), was evaluated using bulk and incremental placement techniques and measured by gas pycnometer. Accupyc 1330 (Micromeritics, USA) pycnometer measures the helium displacement with great precision, allowing fast and accurate measurements of the volume of the composite resin before and after polymerization, without interference of the moisture or temperature. The results showed statistically significant diferences between the two placement techniques, with the bulk technique showing lower polymerization shrinkage than the incremental technique.

Key-words: Polymerization shrinkage; placement technique; pycnometry.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 4.1 - Resina composta utilizada no estudo .....	31
Figura 4.2 - Medidas da matriz metálica .....	32
Figura 4.3 - Componentes da matriz metálica .....	32
Figura 4.4 - Picnômetro Accupyc 1330 (Micromeritics, USA) .....	33
Figura 4.5 - Câmara de medição vazia .....	33
Figura 4.6 - Conjunto resina composta/matriz metálica inserido na câmara de medição .....	36
Figura 4.7 - Diagrama da inserção dos incrementos .....	37
Gráfico 5.1 - Médias dos coeficientes de contração volumétrica .....	42

## LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 -	Parâmetros utilizados no picnômetro .....	34
Tabela 4.2 -	Divisão dos grupos .....	35
Tabela 5.1 -	Resultados de contração de polimerização dos grupos avaliados ...	39
Tabela 5.2 -	Teste de aderência à curva normal .....	41
Tabela 5.3 -	Teste de homogeneidade de COCHRAN .....	41
Tabela 5.4 -	Teste t de Student a 5% de significância .....	42

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

a.C. = Antes de Cristo

BisGMA = Bisfenol-A Glicidilmetacrilato

% = porcentagem

TMPTMA = Trimetil-propano trimetacrilato

TEGDMA = Trietilenoglicol dimetacrilato

Fator C = Fator de Configuração cavitária

s = segundo

mm = milímetro

mW/cm<sup>2</sup> = miliwatts por centímetro quadrado

°C = graus Celsius

cm<sup>3</sup> = centímetro cúbico

min = minuto

l = litro

h = hora

cm<sup>2</sup> = centímetro quadrado

ml = mililitro

LCD = Visor de cristal líquido

LED = Diodo emissor de luz

psi = libras por polegada

psi/min = libras por polegada por minuto

mg = miligrama

## SUMÁRIO

	p.
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>15</b>
<b>2.1 Resinas Compostas .....</b>	<b>16</b>
<b>2.2 Picnometria e Dilatometria .....</b>	<b>25</b>
<b>3 PROPOSIÇÃO .....</b>	<b>30</b>
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>31</b>
<b>5 RESULTADOS .....</b>	<b>38</b>
<b>6 DISCUSSÃO .....</b>	<b>43</b>
<b>7 CONCLUSÃO .....</b>	<b>51</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>52</b>

# 1 INTRODUÇÃO

Os materiais restauradores de uso odontológico, até o final da década de 50, apresentavam limitados resultados estéticos. No meio da década de 60, surge a resina composta, material que entra no cenário odontológico com a missão de substituir os materiais até então existentes, propiciando restaurações com aspecto estético superior. A primeira resina composta não apresentou o desempenho esperado, mas uma demanda cada vez maior de restaurações estéticas exigiu que pesquisadores e fabricantes trabalhassem no sentido da evolução deste material restaurador, melhorando suas propriedades físico-mecânicas e criando métodos para controlar suas deficiências.

As resinas compostas ocupam atualmente um lugar de destaque no arsenal dos profissionais da odontologia como material restaurador direto, dada sua versatilidade. Aliada à técnica adesiva, as alterações em sua formulação levaram à melhoria de seu desempenho estético, aumento de sua resistência à abrasão e compressão. Hoje, esse material restaurador se presta ao uso em restaurações diretas em dentes anteriores e posteriores.

Mesmo sendo um dos materiais restauradores mais utilizados pelo cirurgião-dentista, a resina composta ainda apresenta uma grande deficiência: a contração que ocorre durante seu processo de polimerização.

A conversão das moléculas de monômero para uma cadeia de polímeros é acompanhada por uma aproximação destas moléculas, o que causa uma diminuição

em seu volume. Esta diminuição de volume gera uma força contrária à força de união entre o material restaurador e o elemento dentário, que dependendo de sua magnitude, pode causar ruptura na interface adesiva e o insucesso da restauração.

A ruptura da interface adesiva e a subsequente microinfiltração marginal levaria a problemas como a cárie secundária, descoloração marginal, dor pós-operatória e alterações pulpares (KIDD, 1976).

Cuidados com a configuração da cavidade; uso criterioso do protocolo adesivo; técnicas alternativas de fotoativação; diminuição do volume de resina composta através da inserção de fragmentos cerâmicos, fragmentos de esmalte dental, porções pré-polimerizadas ou do uso de cimento ionomérico de vidro para preenchimento da porção mais profunda da cavidade; uso de bisel; e inserção incremental são alguns dos artifícios usados para reduzir os efeitos deletérios da contração de polimerização.

A inserção do material restaurador em incrementos, além de reduzir a microinfiltração, também colabora para a adequada polimerização das resinas fotoativadas (WATTS; AMER; COMBE, 1984).

Por não existir ainda nenhuma resina composta livre de contração durante o processo de polimerização, eleger um método confiável para determinar esta variação volumétrica é de grande importância.

A Arquimedes, 287 a.C. a 212 a.C., coube a tarefa de determinar se a coroa do Rei Hiero II era realmente feita de ouro. A resposta para este problema veio durante seu banho, quando percebeu que sua entrada na banheira determinava o deslocamento de um determinado volume de água. Tomado pela excitação da descoberta, saiu às ruas, nu, gritando a célebre frase "Eureca, Eureca". Nascia neste momento a técnica de determinação de volume conhecida como picnometria. Séculos

se passaram até que as alterações de volume de resinas compostas fossem medidas através deste método.

Picnômetros e dilatômetros de mercúrio e água foram usados em odontologia, mas apesar de apresentarem resultados comparáveis, o fato de contaminarem o material examinado ou de serem absorvidos pelo mesmo, e ainda sua falta de precisão dada à sensibilidade a alterações térmicas, levou a sua substituição.

O picnômetro a gás foi utilizado para avaliação de contração de polimerização de resinas compostas compactáveis com sucesso, pois utiliza um gás inerte que não contamina as amostras de material (AMORE et al., 2003).

O presente estudo avaliou a contração de polimerização de uma resina composta fotopolimerizável através do método da picnometria a gás. Foi usado o aparelho Accupyc 1330 (Micromeritics, USA) que mede o deslocamento do gás hélio com grande precisão, permitindo medições rápidas e fiéis das amostras de resinas compostas antes e após a polimerização, sem interferência da umidade e da variação de temperatura.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

A necessidade crescente de restaurações que atinjam padrões de excelência estética tem feito com que os fabricantes e profissionais da odontologia pesquisem materiais e técnicas para tornar a resina composta o material restaurador ideal.

Na década de 70, o surgimento das resinas fotopolimerizáveis deu ao profissional da odontologia a capacidade de controlar seu tempo de trabalho, mas uma nova metodologia de trabalho teve que ser desenvolvida. Este material apresentava, além de praticidade e propriedades mecânicas compatíveis com a cavidade bucal, qualidade estética duradoura.

Na tentativa de garantir margens íntegras e otimizar o tempo de trabalho nas restaurações de resina composta, alterações no tempo de polimerização e a de inserção de material em incrementos maiores têm sido testada. Como a forma de inserção do material e a técnica de fotoativação são os dois principais fatores de controle da contração de polimerização, o conhecimento e a determinação de novos métodos para a medição de alterações volumétricas se faz ainda mais necessário.

Visando o melhor entendimento deste capítulo, este será dividido em duas partes: 2.1 resinas compostas e 2.2 picnometria e dilatometria.

## 2.1 Resinas Compostas

Buonocore (1955), precursor nos estudos de adesão dos materiais resinosos aos substratos dentários, observou a alteração topográfica causada pelo ácido fosfórico à superfície do esmalte, e ainda que além de criar porosidades, este procedimento aumentava a energia de superfície. Este procedimento possibilitou a retenção do material restaurador, aumentando a interação material/dente sem a necessidade de retenções mecânicas.

Bowen (1963), incorporou partículas inorgânicas tratadas com vinil-silano à matriz de resina experimental à base de Bisfenol-A Glicidilmetacrilato (BisGMA) e seus efeitos sobre a contração de polimerização deste material. O autor verificou que a inclusão das partículas de sílica silanizadas ao BisGMA reduziu sobremaneira a contração de polimerização deste material (2,7%), quando comparado ao monômero convencional metil metacrilato sem reforço inorgânico (6,2%).

Kidd(1976), salientou que cárie secundária, descoloração marginal, alterações pulpares e dor pós-operatória seriam causadas pela microinfiltração marginal. Descreveu microinfiltração como a passagem de íons, fluidos moleculares e bactérias entre o material restaurador e as paredes dos dentes.

Lee (1976), comparou as propriedades das resinas ativadas por luz ultravioleta às autopolimerizáveis. Enquanto as resinas quimicamente ativadas apresentavam contração de polimerização mais uniforme e de menor magnitude em função de seu menor grau de conversão, os sistemas fotoativados apresentaram limitações quanto à

polimerização, uma vez que a intensidade de luz diminui durante sua penetração na massa do material.

Bowen, Rapson e Dickson (1982), avaliaram a contração de polimerização e expansão higroscópica das resinas compostas. Foram comparadas amostras inseridas em incremento único e múltiplos incrementos. Concluiu-se que todas as resinas sofrem contração pós-polimerização e apesar de sofrerem expansão higroscópica, a mesma não é suficiente para compensar a contração de polimerização.

Asmussem (1982), pesquisou quais fatores afetam o grau de conversão das resinas compostas quimicamente ativadas e fotoativadas, medindo a quantidade de uniões duplas de carbono remanescentes após a polimerização. O autor concluiu que a quantidade de uniões duplas remanescentes está relacionada à composição da matriz orgânica da resina composta, ou seja, ao teor do ativador (amina), do iniciador e do inibidor. O autor notou que as resinas fotoativadas apresentaram uma quantidade menor de uniões duplas que nas quimicamente ativadas. Constatou também que a quantidade de ligações duplas diminuiu quando se elevou o teor do monômero diluente de BisGMA. O tipo de diluente também afetou a quantidade de ligações duplas remanescentes, menor quando utilizado o monômero trifuncional Trimetil-propano trimetacrilato (TMPTMA) em comparação à quantidade encontrada quando utilizado o Trietilenoglicol dimetacrilato (TEGDMA).

Crim e Chapman (1986), avaliaram a microinfiltração de cavidades Classe V, com margens em esmalte e dentina, variando-se a técnica de inserção do material. De acordo com os resultados, não houve diferenças estatísticas entre as técnicas de inserção, entretanto, a técnica de único incremento apresentou uma tendência a menor grau de infiltração.

Lutz, Krejci e Olderburg (1986), sugeriram uma nova técnica incremental com o intuito de melhorar a adaptação marginal de restaurações Classe II. A colocação do material começa pela inserção do primeiro incremento no terço cervical da caixa proximal e sua fotoativação indireta por meio de uma cunha reflexiva. Os próximos dois terços da cavidade são preenchidos com um novo incremento na porção vestibular da caixa proximal, com incidência da fonte de luz também na parede vestibular. O terceiro incremento, inserido na porção lingual da caixa proximal, receberá a luz através da parede lingual. O remanescente oclusal do preparo cavitário deve ser preenchido com um quarto incremento e fotoativado na direção oclusal. Por acreditarem que a polimerização do material aconteceria em direção à luz e por propiciar uma melhor distribuição da massa de material, de acordo com os autores, com a utilização desta técnica haveria melhor selamento das margens.

Feilzer, De Gee e Davidson (1987), avaliaram a influência da configuração cavitária na produção de estresse na interface dente/restauração de resina composta, quando utilizados adesivos dentinários. Uma vez que a força de adesão se interpõe ao estresse gerado pela contração de polimerização, a capacidade de resiliência do material em absorver este estresse é fundamental para se prevenir a ruptura da interface adesiva. A configuração tridimensional da cavidade tem influência direta sobre a manutenção das ligações adesivas, uma vez que o grau de escoamento do material seria determinado por sua superfície não aderida. Foram simuladas formas cilíndricas de várias dimensões e com Fator C conhecido. O estresse produzido foi continuamente registrado e determinado para os diversos Fatores C de configuração cavitária e para os volumes de amostra pré-determinados pelo Fator C. Neste estudo, todas as falhas foram coesivas, indicando que as ligações adesivas aos discos silanizados foram as

mais resistentes. Em situações clínicas, a proporção entre superfícies livres e aderidas atingiu o valor máximo de  $C=5$  (cavidades Classe I e V). Valores de  $C$  entre 1 e 2 foram encontrados na maioria das cavidades clínicas (cavidades Classe II e III), e valores menores que 1 se refiriam à cavidades Classe IV. Quando  $C \geq 1$  a adesão à dentina seria suficiente para suportar os estresses gerados pela contração de polimerização. Houve inconsistência de dados quando  $1 < C < 2$ ; as ligações adesivas poderiam falhar, desde que o estresse da contração de polimerização ultrapassasse os valores da resistência adesiva da dentina. Quando  $C > 2$ , falhas coesivas foram encontradas em todas as amostras; clinicamente seria de se esperar que as ligações adesivas recém-maturadas seriam as primeiras a falhar sob o estresse recém desenvolvido. Mostrou-se que na maioria das configurações cavitárias, em situações clínicas, a capacidade de escoamento do material não seria suficiente para o alívio do estresse e para preservar a adesão à dentina pelos agentes de união.

Chung & Greener (1988), estudaram o grau de conversão de sete resinas compostas fotoativadas para uso em dentes posteriores. O grau de conversão variou entre 43,5% e 73,8%. Mesmo com estruturas moleculares diferentes, as resinas compostas apresentaram valores de conversão equivalentes, sendo outros parâmetros, como concentração de diluente e iniciador, mais importantes para estabelecer o grau de conversão.

Feilzer, De Gee e Davidson (1988), avaliaram o desenvolvimento da contração livre de polimerização e os valores finais da contração de diversas resinas compostas quimicamente ativadas, resinas compostas fotoativadas e dois cimentos ionoméricos de vidro. Com relação à resina composta, concluiu-se que mesmo apresentando valores altos de contração, seria precoce determinar se são aceitáveis ou não as médias e

valores finais de contração, uma vez que ela depende de vários fatores, como a capacidade de escoamento do material no início da reação de polimerização, e o estresse total ao final da mesma, devendo ser levada em conta também a capacidade dos agentes de união em suportar este estresse.

Feilzer, De Gee e Davidson (1990), investigaram a importância da configuração cavitária na redução do estresse da contração de polimerização pelo escoamento de quatro resinas compostas. Concluiu-se que a configuração cavitária e o grau de escoamento da resina estão significativamente relacionados. Quanto maior a espessura de resina composta, maior o escoamento pré-gel. Resinas compostas com baixo módulo de elasticidade apresentam maior fluidez.

Crim (1991), comparou a técnica de inserção de incremento único com duas técnicas incrementais de resina composta em preparos Classe V com margens além da junção cimento-esmalte. Concluiu-se que houve menor infiltração nas técnicas incrementais.

Uno e Asmussem (1991), avaliaram os efeitos da utilização de baixa intensidade de luz seguida do uso da luz em intensidade plena, na adaptação marginal de restaurações de resina composta. O material foi fotopolimerizado por 30s em baixa intensidade e em seguida por mais 30s em máxima intensidade. Os autores concluíram que a variação de intensidade da fotoativação melhora a capacidade de escoamento do material, gerando valores aceitáveis de resistência adesiva e compressiva da resina.

Sakaguchi et al. (1992), estudaram a influência da espessura e cor da amostra na contração de polimerização das resinas compostas. Segundo os autores, a transmissão da luz diminui em função da quantidade de pigmentos, diminuindo a velocidade de conversão e, portanto, diminuindo a contração de polimerização. A

contração de polimerização também diminuiu com o aumento da espessura das amostras.

Coli e Brämstrom (1993), avaliaram as fendas e a microinfiltração marginal em restaurações Classe II, variando a técnica de inserção da resina e o sistema adesivo. Concluíram que a qualidade do sistema adesivo tem, em condições clínicas, mais importância que a técnica de inserção em cavidades Classe II, quando do controle da microinfiltração marginal.

Rueggeberg, Caughman e Curtis (1994), avaliaram os efeitos da intensidade de luz e duração da exposição sobre o grau de conversão das resinas compostas, variando-se a espessura da amostra. Os resultados mostram que não houve diferenças no grau de conversão na superfície das amostras, mas a intensidade de luz e tempo de exposição para as amostras com espessuras de 1mm, 2mm e 3mm foi significativamente afetado. Segundo o autor, o tempo de exposição de 60s deve ser empregado, com fonte de luz de pelo menos 400mW/cm<sup>2</sup> e incrementos entre 1mm e 2mm.

Unterbrink e Muessner (1995), investigaram o efeito da variação da intensidade de luz na integridade das margens e nas propriedades físicas da resina composta. As amostras foram ativadas usando-se as intensidades de luz de 450mW/cm<sup>2</sup> ou 250mW/cm<sup>2</sup>. Ficou determinado que a variação da intensidade de luz não interferiu nas propriedades físicas finais dos sistemas restauradores, a uma profundidade de 4,5mm. Os autores concluíram que o uso de uma alta intensidade de luz levou à redução das fendas marginais.

Feilzer et al. (1995), investigaram a influência da intensidade de luz na integridade da interface de restaurações de resina composta e na contração de

polimerização, medindo o grau de conversão em restaurações Classe V *in vitro*. Os autores concluíram que a menor intensidade de luz contribuiu para maior integridade das margens da restauração, pois estende o estágio visco-elástico durante a reação do material, reduzindo a incidência de estresse. O alto grau de efeitos negativos gerados pela alta intensidade de luz pode ser explicado pela alta proporção da reação de conversão da resina.

Carvalho et al. (1996), através de revisão de literatura, pesquisaram os efeitos da contração de polimerização e do estresse gerado por essa contração, bem como sua influência sobre as propriedades físicas da resina composta. Verificou-se que grau de conversão, conteúdo inorgânico e composição da matriz orgânica têm influência direta sobre a resistência destes materiais; o monômero principal contendo BisGMA fornece mais resistência às resinas compostas; a alta quantidade de TEGDMA como diluente ajuda a aumentar o grau de conversão da resina composta, porém gera um aumento em sua alteração volumétrica; e o uso de baixa intensidade de luz seguida por uma fotoativação em intensidade máxima melhora sobremaneira a adaptação marginal, diminuindo a contração de polimerização.

Goracci, Mori e Martinis (1996), compararam a técnica de fotoativação convencional a uma técnica gradual. Com a fotoativação gradual conseguiram ótima adaptação marginal e o estresse gerado não comprometeu as ligações entre o substrato dentário e a restauração.

Versluis et al. (1996), avaliou o uso da técnica incremental da resina composta como forma de diminuir o estresse gerado durante a contração de polimerização. Os resultados sugerem que a técnica incremental produziu efeitos de contração de polimerização e tensão do estresse de polimerização maiores que a técnica do

incremento único. Todavia, o autor lembrou que existiriam outros fatores a serem considerados a favor da técnica incremental.

Koran e Kürschner (1998), avaliaram o efeito da polimerização em dois estágios, onde o primeiro é realizado em baixa intensidade de luz, seguida de ativação em potência plena. Não houve diferença significativa entre as duas técnicas quanto aos valores finais da contração de polimerização, porém a dinâmica da contração da polimerização em dois estágios foi superior.

Versluis, Tantbirojn e Douglas (1998), realizaram estudo *in vitro* da contração de polimerização de resinas compostas quimicamente ativadas e fotoativadas, para determinar se a contração ocorre em direção à fonte de luz. Utilizaram a análise do elemento finito para verificar se a direção de contração de polimerização pode ser caracterizada em fase pré-gel e pós-gel. Durante a análise constatou-se que a direção de contração da resina foi pouco afetada pela direção de aplicação da luz, sendo mais fortemente afetada pelas superfícies livres e aderidas da restauração. Os autores determinaram que a configuração cavitária e a quantidade de superfícies aderidas têm real papel na direção da contração de polimerização, enquanto o papel da direção de incidência da fonte de luz na determinação da direção da contração não existe.

Lösche (1999), reavaliou os estudos realizados por Lutz, Krejci e Oldenburg em 1986, na tentativa de determinar se a causa dos resultados positivos de sua técnica incremental se dava pela direção da incidência da fonte de luz sobre o material, ou se pela diminuição na intensidade de luz, causada pela aplicação da luz através da estrutura dentária. O autor concluiu que os bons resultados da técnica de Lutz não deveriam ser atribuídos à direção da aplicação da luz, e sim à fotoativação com baixa intensidade de luz.

Domingues et al. (2000), avaliaram a influência do emprego de diferentes técnicas de inserção de resina composta em preparos Classe II sobre a microinfiltração marginal. Os resultados mostraram que a utilização da técnica incremental apresentou menores índices de infiltração quando comparados à inserção em único incremento.

Calábria e Cabral (2001), avaliaram a eficácia da adaptação cervical de restaurações Classe II de resina composta, comparando a utilização de cunhas reflexivas, matrizes plásticas, técnicas de inserção incremental e incremento único, esferas pré-polimerizadas, e polimerização sob pressão. Concluíram que a inserção em único incremento e a utilização de artifício para polimerização sob pressão provocaram maior fenda marginal cervical.

Menezes et al. (2002), avaliaram a infiltração marginal em restaurações Classe V de resina composta, realizadas pelas técnicas de incremento único e incremental. Os resultados apontaram que a técnica incremental apresentou índice de infiltração estatisticamente menor em relação às restaurações realizadas com a técnica de único incremento.

Loguercio (2002), avaliou a contração linear de polimerização e seus efeitos em restaurações de resina composta, variando o Fator C, as condições de adesão e a técnica de inserção em preparos em dentes bovinos. Com relação à técnica de inserção, concluiu-se que a contração linear de polimerização foi influenciada apenas no maior Fator C, sendo maior na técnica de incremento único.

Amaral, Castro e Pimenta (2002), avaliaram a influência da técnica de ativação e de inserção da resina composta sobre a microinfiltração marginal e microdureza em restaurações Classe II. Não foram encontradas diferenças significativas nas técnicas de

ativação e inserção da resina composta quanto à microinfiltração marginal, mas a técnica de ativação progressiva reduziu a microdureza do material.

Idriss et al. (2003), compararam a infiltração marginal de restaurações Classe II de resina composta fotoativadas e quimicamente ativadas, inseridas em múltiplos incrementos ou incremento único. Observou-se que as restaurações fotopolimerizáveis, independente da técnica de inserção, apresentaram maior formação de frestas marginais quando comparadas às amostras restauradas com resina quimicamente ativada.

Lopes et al. (2004), avaliaram a morfologia da interface dente/resina, *in vivo*, em duas técnicas de inserção de resina composta em preparo de dentes posteriores. Nos dentes restaurados pela técnica incremental, a formação de frestas marginais foi de 6,1%, enquanto a técnica de incremento único apresentou 18,7% de formação de frestas. Os autores concluíram que a técnica incremental para restaurações de resina composta em dentes posteriores permite melhor selamento marginal que a técnica de único incremento.

## **2.2 Picnometria e Dilatometria**

Smith e Schoonover (1953), mediram a contração de polimerização de resinas acrílicas através do uso de um dilatômetro de mercúrio. O aparelho consistia de uma câmara de medição, onde era inserida a amostra a ser avaliada, e um capilar graduado em que era feita a leitura. Por ser bastante sensível às variações de temperatura, o

aparelho teve que ser mantido em um ambiente de temperatura controlada de aproximadamente 37°C. Os autores concluíram que o método proposto é melhor indicado para comparar alterações volumétricas entre amostras de diferentes materiais.

Bowen, Rapsone e Dickson (1963), utilizaram dilatômetro de mercúrio para medição das alterações volumétricas da contração de polimerização de uma resina experimental à base de BisGMA, com incorporação de partículas silanizadas de sílica. As alterações volumétricas da resina experimental (2,7%) foram menores do que as alterações volumétricas do monômero convencional metil metacrilato sem reforço inorgânico (6,2%).

De Gee, Davidson e Smith (1981), utilizaram um dilatômetro de mercúrio para medição da contração de polimerização de resinas compostas fotoativadas e quimicamente ativadas. Com o propósito de medir as variações volumétricas de forma contínua, com maior exatidão, menor perda de tempo da inserção do material na câmara de medição e menor interferência das variações de temperatura, realizaram alterações no aparelho convencional. Os autores ressaltam que outras adaptações seriam necessárias para otimizar a dinâmica de inserção e eliminação do ar incorporado às amostras.

Bandyopadhyay (1982), mediu a contração de polimerização de resinas compostas através de um dilatômetro de água, onde a câmara de medição era preenchida com água destilada até o volume de 25cm<sup>3</sup> e ligada a um capilar de diâmetro uniforme e graduado em divisões de milímetros. Para avaliar a reprodutibilidade do método, foram utilizados dois capilares com diâmetro de 0,7mm e 0,4mm. O autor concluiu que o método é confiável, prático e com resultados

reproduzíveis para os dois capilares avaliados, e que o risco de alteração do volume das amostras por ação da absorção de água só se dá após 60min.

Goldman (1983), mediu a contração de polimerização de resinas compostas foto e quimicamente ativadas através do método da picnometria, envolvendo o uso de um tubo dilatômetro de aproximadamente 250mm de comprimento e graduado em divisões de milímetros, contendo um capilar de diâmetro uniforme ligado a uma câmara de medição com volume de 0,025l. O autor concluiu que o método foi prático e reproduzível, independente do tamanho da amostra e eficiente para resinas foto e quimicamente ativadas.

Penn (1986), avaliou o volume e a contração de polimerização de amostras de resina composta através do uso de um picnômetro e um dilatômetro de mercúrio. O picnômetro era composto por uma hemiesfera de vidro com 20mm de diâmetro preenchida por mercúrio, onde a amostra aderida a uma placa de quartzo era inserida. O cálculo de volume para cada amostra foi feito através da diferença no peso do mercúrio antes e depois da colocação da amostra. Com a adaptação de um capilar de 5mm de diâmetro interno em forma de "U" à câmara de medição, o picnômetro foi convertido em dilatômetro, para que se realizasse a medição da contração. Durante a reação de polimerização, as alterações observadas no nível de mercúrio do tubo capilar foram medidas. A temperatura foi mantida a 32,5°C. O autor ressalta as dificuldades envolvendo o controle da temperatura e o uso do mercúrio, além de destacar que o método não é apropriado para a medição da contração de resinas quimicamente ativadas, pois parte da contração ocorre entre o início da manipulação e a inserção na câmara de medição. Este método é mais indicado para avaliar a contração de resinas

fotoativadas ou para comparar as alterações volumétricas entre diferentes resinas quimicamente ativadas.

Feilzer, De Gee e Davidson (1988), compararam a contração de polimerização de resinas compostas fotoativadas e quimicamente ativadas e de dois cimentos ionoméricos de vidro convencionais, através de um dilatômetro de mercúrio, ao longo de 24h. O equipamento recebeu duas alterações em relação ao modelo clássico: o mercúrio passou a ser confinado em tubos de vidro e a medição da contração foi realizada através de um leitor de deslocamento por contato. Os autores concluíram que estas modificações contribuíram para maior estabilidade, além de possibilitarem medições reproduzíveis por vários dias.

Rees e Jacobsen (1989), mediram a contração de seis resinas compostas fotoativadas e quimicamente ativadas através do dilatômetro de água. A reprodutibilidade do dilatômetro com uma câmara de medição de 25cm<sup>2</sup> foi analisada pelo uso de dois capilares com diâmetro de 0,35mm e 0,7mm, graduados em divisões de 1mm. Os autores concluíram que a utilização de capilares com diâmetros maiores, além de facilitar a leitura, diminuem o efeito das variações térmicas. Ainda que tenham concluído que o dilatômetro de água pode ser utilizado para avaliar a contração de polimerização das resinas compostas, os autores não levaram em consideração a expansão por absorção de água sofrida pelas resinas.

Lai e Johnson (1993), mediram a contração de polimerização de três resinas compostas fotoativadas através de um dilatômetro de água. Foi utilizada uma câmara de medição de 25ml de água, ligada a um tubo capilar com diâmetro interno de 5mm, graduado em divisões de milímetros. Concluíram que a manutenção de uma temperatura constante durante o estudo foi o fator crítico para a reprodutibilidade dos

resultados. Se houver aumento da temperatura em  $0,1^{\circ}\text{C}$ , a alteração no capilar pode chegar a 2,67mm, elevando a possibilidade de erro para 13,3%.

Suliman, Boyer e Lakes (1994), mediram a contração de polimerização de duas resinas compostas fotoativadas para dentes posteriores, através do dilatômetro de água, que consistia de uma câmara de medição de  $10\text{cm}^3$  de água destilada com capilar calibrado para as medições dos deslocamentos. Os autores concluíram que o método é eficaz, com resultados comparáveis aos relatados na literatura, mas afirmaram não ter considerado a possibilidade de absorção de água.

Cook, Forrest e Goodwin (1999), utilizaram a picnometria a gás para avaliar a contração de polimerização de quatro resinas compostas fotoativadas. O picnômetro Accupyc 1330 (Micromeritics, USA) usa um suprimento de gás hélio de alta pureza para determinar o volume das amostras inseridas em sua câmara de medição, antes e após a fotopolimerização. Os autores concluíram que este método apresenta fidelidade e reprodutibilidade para medições das alterações volumétricas das resinas compostas, sem interferência da umidade.

Amore et al. (2003), através da picnometria a gás, avaliou as alterações volumétricas de três resinas compostas fotoativadas de baixa viscosidade, variando a distância entre a fonte de luz e a superfície das amostras. Concluíram que as medições são reproduzíveis, precisas, rápidas e fiéis, sem interferência da temperatura e da umidade.

### **3 PROPOSIÇÃO**

Avaliação da contração de polimerização sofrida por uma resina composta micro-híbrida, verificando o efeito da alteração da forma de inserção do material em uma cavidade sem o uso de adesivos.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização desta pesquisa, foi selecionada a resina composta micro-híbrida para uso universal Charisma (Heraeus Kulzer), com matiz e saturação “A3” (Figura 4.1). O material utilizado nesta pesquisa foi fabricado no primeiro semestre de 2003.



Figura 4.1 - Resina composta utilizada no estudo

Para a obtenção das amostras, foi fabricada uma matriz metálica em formato cilíndrico, medindo 18mm de diâmetro e 38mm de altura. Foi cortada uma fatia de 4mm da porção superior da matriz. Nesta fatia foi realizado preparo com 2mm de diâmetro, configurando assim a cavidade de trabalho, 4mm de altura por 2mm de diâmetro (Figuras 4.2 e 4.3).

A porção superior da matriz foi fixada à base através de dois parafusos e duas outras cavidades foram realizadas para a colocação de parafusos mais longos, para facilitar a extração de todo o conjunto da câmara de medição do aparelho.

As análises experimentais foram realizadas no Laboratório de Caracterização do Grupo de Materiais do Instituto de Pesquisa da Marinha – IPqM.

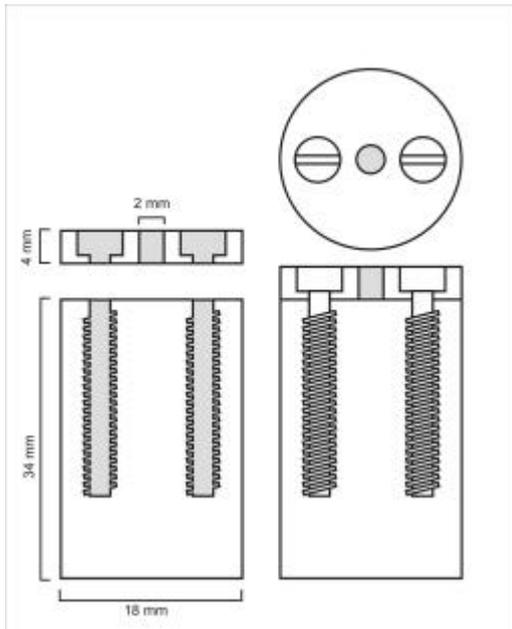


Figura 4.2 – Medidas da matriz metálica



Figura 4.3 – Componentes da matriz metálica

Este estudo foi realizado utilizando-se o picnômetro Accupyc 1330 (Micromeritics, USA) para a medição da contração de polimerização da resina composta (Figura 4.4). Este aparelho permite medições precisas (até quatro casas decimais), fornecendo o volume da resina composta antes e após a polimerização. Para garantir fidelidade de resultados, o aparelho foi mantido em ambiente refrigerado sob a temperatura aproximada de 18°C. Por utilizar um gás inerte (hélio) para suas medições, as amostras não sofrem nenhum tipo de contaminação.

O picnômetro é constituído por quatro partes básicas: um painel numérico, através do qual são ajustadas suas funções e parâmetros; um visor LCD para acompanharmos os registros e dados armazenados e gerados pelo aparelho; um display com três LEDs que indicam o estágio de preenchimento da câmara de gás, a liberação de gás para a câmara de expansão e a liberação do gás para o meio ambiente; e a câmara de medição, local onde a medição propriamente dita se realiza.



Figura 4.4 – Pícnômetro Accupyc 1330 (Micromeritics, USA)

A amostra de material deve ser inserida no pícnômetro, em um recipiente metálico próprio, que é ligeiramente menor do que as dimensões da câmara de medição, 19mm x 39,8mm (Figura 4.5). O fabricante recomenda que o maior preenchimento da câmara seja obtido, para que as leituras se dêem de forma mais rápida e fiel. Por este motivo, a matriz metálica foi confeccionada com as mesmas dimensões da cuba metálica padrão do pícnômetro (18mm x 38mm).



Figura 4.5 – Câmara de medição vazia

Para podermos começar as análises volumétricas, devemos inserir dois parâmetros básicos do aparelho, *função zero* e *calibração*, e ainda seis parâmetros que determinam de que forma serão feitas as análises, *número de purgas*, *pressão de purga*, *pressão de enchimento*, *corrida de precisão*, *número de corridas* e *taxa de equilíbrio* (Tabela 4.1).

Tabela 4.1 – Parâmetros utilizados no picnômetro

<i>Número de purgas</i>	30
<i>Pressão de purga</i>	19,5psi (padrão)
<i>Pressão de enchimento</i>	19,5psi (padrão)
<i>Corrida de precisão</i>	Ligado
<i>Número de corridas</i>	30
<i>Taxa de equilíbrio</i>	0,005psi/min

A *função zero* tem como objetivo zerar a pressão interna do picnômetro, evitando erros durante a leitura; enquanto a *calibração* determina o volume interno da câmara de expansão e da câmara de medição. Para este estudo, a *calibração* foi feita semanalmente, enquanto a *função zero* no início de cada dia de trabalho. Os valores usados foram os fornecidos pelo fabricante.

A *purga* é o processo pelo qual o gás hélio é eliminado para a atmosfera, através da abertura de uma válvula de escape, juntamente com as impurezas, vapor d'água e agentes contaminantes da câmara de medição e expansão. A *pressão de purga* e a *pressão de enchimento* da câmara de medição e expansão foram mantidas no valor padrão do picnômetro, 19,500psi.

O parâmetro *corrida de precisão* permite, sem perder o refinamento da análise, obter resultados com mais rapidez. Utilizando este parâmetro, o aparelho considera satisfatória a análise quando cinco leituras consecutivas, dentro de um limite de tolerância de 0,05%, são obtidas, encerrando assim a análise. O número de corridas determina o número de leituras que serão realizadas por análise, determinando o grau de refinamento dos resultados.

A *taxa de equilíbrio* determina o grau de fidelidade dos resultados e seu valor influi diretamente na velocidade das análises. Números menores geram análises mais precisas, porém mais lentas.

As análises foram realizadas de acordo com a técnica de inserção de material, numa mesma cavidade padrão (Tabela 4.2).

Tabela 4.2 – Divisão dos Grupos

<b>GRUPO</b>	<b>RESINA COMPOSTA</b>	<b>TÉCNICA DE INSERÇÃO</b>
Grupo 1	Charisma	Incremento único
Grupo 2	Charisma	Incrementos oblíquos

Para a padronização do volume utilizado de resina, esta foi inserida no interior da cavidade da matriz metálica com auxílio de uma espátula anodizada, até o preenchimento total da cavidade. Logo após, o conjunto resina composta/matriz metálica foi levado à balança eletrônica digital Mettler AE 200. Foi padronizado o valor de 81mg para todas as amostras (Figura 4.6).



Figura 4.6 – Conjunto resina composta/matriz metálica inserido na câmara de medição

Foi determinado através da picnometria o volume da matriz metálica vazia. Inserindo-se o conjunto resina composta/matriz metálica na câmara de medição do picnômetro, foi obtido o volume da resina antes da polimerização. Todas as amostras de resina composta foram polimerizadas utilizando o aparelho OptiLight Digital da Gnatus, apoiando-se a matriz metálica em uma superfície plana, livre da incidência direta da luz solar. A ponta ativa do aparelho foi apoiada sobre a parte superior da matriz metálica para que não houvesse diminuição da potência da luz irradiada.

No Grupo 1, a resina foi fotoativada por 60s, dentro da matriz metálica, diretamente após ter sido removida do picnômetro. Em seguida, foi novamente levada ao aparelho para a aferição de seu volume após a polimerização.

No Grupo 2, a resina foi cuidadosamente removida do interior da cavidade da matriz e foi inserida na cavidade em três incrementos oblíquos, cada um deles fotoativado por 20s. Em seguida, foi novamente levada ao aparelho para a aferição de seu volume após a polimerização (Figura 4.7).

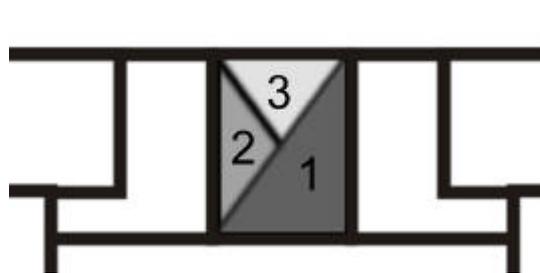


Figura 4.7 – Diagrama da inserção dos incrementos

A contração de polimerização foi calculada através da fórmula do coeficiente de contração volumétrica  $C = \frac{\Delta V}{v + |\Delta V|}$ . A diferença entre o volume da resina antes e depois da polimerização constitui  $\Delta V$ , enquanto  $v$  foi achado pela diferença entre o volume da matriz vazia e da matriz com a resina polimerizada.

Uma vez calculado o coeficiente de contração volumétrica, pode-se realizar o tratamento estatístico, determinando se há diferenças estatísticas entre as duas técnicas avaliadas.

## 5 RESULTADOS

Este experimento foi elaborado utilizando a resina composta para uso universal Charisma (Heraeus Kulzer). Foram feitas medidas de alteração volumétrica em um picnômetro a gás, usando-se duas técnicas de inserção de material.

O objetivo deste trabalho foi verificar se existiam diferenças significativas na contração de polimerização da resina composta ao se variar a forma que o material era inserido na cavidade.

Os dados foram obtidos e a contração de polimerização foi calculada aplicando-se a fórmula matemática do coeficiente de contração volumétrica ( $C = \frac{\Delta V}{v + |\Delta V|}$ ). Temos que  $\Delta V$  é a diferença entre o volume inicial e final da resina, enquanto  $v$  foi achado pela diferença entre o volume da matriz vazia e da matriz com a resina polimerizada (Tabela 5.1).

De posse dos dados coletados, realizam-se testes de normalidade e homogeneidade para definir qual o teste estatístico mais adequado ao estudo. Tanto os testes de aderência à curva normal como os testes de homogeneidade de Cochran indicaram uma distribuição normal e homogênea de todos dados obtidos (Tabela 5.2 e Tabela 5.3).

Tabela 5.1 – Resultados de contração de polimerização dos grupos avaliados

INCREMENTO ÚNICO (Grupo I)	INCREMENTOS OBLÍQUOS (Grupo II)
-0,05311	-0,05914
-0,03578	-0,08467
-0,00805	-0,07818
-0,00535	-0,03771
-0,01898	-0,05455
0,00000	-0,06542
-0,07099	-0,02521
-0,03410	-0,04763
0,00000	-0,06858
-0,02278	-0,07496
-0,00532	-0,00950
-0,03756	0,00000
-0,03229	-0,02686
-0,01322	-0,03038
-0,02131	-0,07755
0,00000	-0,01891
-0,00261	-0,07333
-0,00789	-0,03038
-0,01035	-0,00979
-0,00262	0,00000

(continua)

(conclusão)

INCREMENTO ÚNICO (Grupo I)	INCREMENTOS OBLÍQUOS (Grupo II)
-0,01055	-0,00959
-0,05207	-0,01241
-0,00992	-0,06634
-0,03323	-0,03891
0,00000	-0,07061
-0,02945	-0,04726
-0,00256	-0,02247
-0,05706	-0,08265
-0,06382	-0,05262
-0,00218	-0,02642

Com a constatação de uma distribuição normal e homogênea, pode-se utilizar um teste paramétrico para avaliar se as diferentes amostras eram provenientes de populações diferentes ou representavam apenas variações casuais, com o intuito de verificar a hipótese de nulidade (H0) ou a alternativa de diferença (H1) na contração de polimerização dos corpos-de-prova, avaliados experimentalmente neste estudo. Foi adotado o nível de confiança de 95% para todas as afirmações realizadas ( $p < 0.05$ ).

Tabela 5.2 A e B - Teste de aderência à curva normal: Valores originais

A. Freqüências por intervalos de classe							
Intervalos de classe	M-3s	M-2s	M-1s	Med.	M+1s	M+2s	M+3s
Curva normal	0.44	5.40	24.20	39.89	24.20	5.40	0.44
Curva experimental	0.00	6.67	26.67	30.00	31.67	3.33	1.67

B. Cálculo do Qui quadrado	
Graus de liberdade	4
Valor do Qui quadrado	6.10
Probabilidade de H0	19.2100 %

**Interpretação: A distribuição amostral testada é normal**

Tabela 5.3 - Teste de homogeneidade de COCHRAN

Número de variâncias testadas	2
Número de graus de liberdade	29
Variância maior	0.0007
Soma das variâncias	0.0013
Valor calculado pelo teste	0.5442

Os dados foram então submetidos ao teste t de Student a 5% de significância para verificar se existiam diferenças significantes entre as condições do experimento. O teste t de Student isoladamente mostrou diferenças estatisticamente significantes entre as médias dos grupos avaliados (Tabela 5.4 e Gráfico 5.1).

Tabela 5.4 – Teste t de Student a 5% de significância

Grupo I (incremento único)	30 dados
Grupo II (incrementos oblíquos)	30 dados
Valor calculado de t	3.88
Graus de liberdade	58
Média da amostra (1)	-0.02
Média da amostra (2)	-0.04
Probabilidade de igualdade	0.06 %

**Significante ao nível de 1 % (  $\alpha = 0.01$  )**

Através da interpretação dos dados da Tabela 5.4, podemos afirmar com 95% de confiança, que houve diferenças estatisticamente significantes entre as duas técnicas de inserção das resinas compostas, onde o grupo 1 (incremento único) teve menor contração de polimerização que o grupo 2 (incrementos oblíquos).

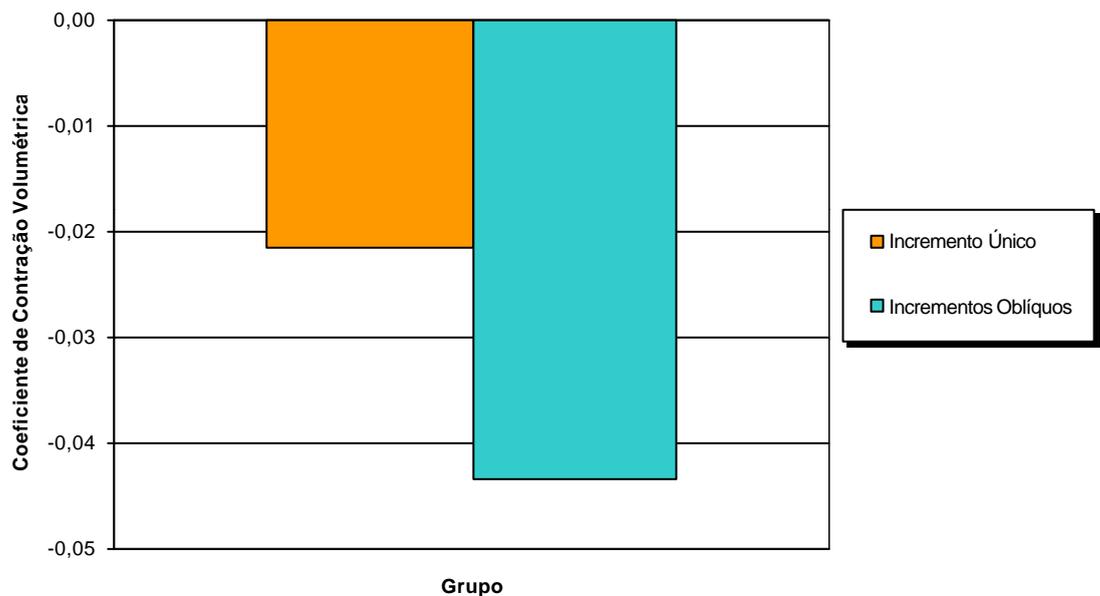


Gráfico 5.1 – Médias dos coeficientes de contração volumétrica

## 6 DISCUSSÃO

A Dentística Restauradora sofreu grandes modificações em seu rumo a partir da segunda metade do Século XX. A associação do composto criado por Bowen (1962), com a técnica do condicionamento ácido do esmalte proposta por Buonocore (1955), criou uma nova filosofia restauradora. A odontologia adesiva possibilitou a execução de preparos cavitários menores, preservando a estrutura dentária, propiciando o vedamento das margens da restauração e abrindo caminho para a busca da excelência em restaurações estéticas.

Novos sistemas adesivos foram desenvolvidos e a melhoria das propriedades mecânicas das resinas compostas, como resistência ao desgaste e à compressão, propiciou seu uso cada vez mais intenso.

Entretanto, este material restaurador está longe de ser considerado ideal. Sua inerente contração de polimerização tem efeito direto sobre a qualidade das margens e conseqüentemente sobre a longevidade das restaurações. Segundo Venhoven, De Gee e Davidson (1996), a alteração volumétrica que sofrem as resinas se dá pela aproximação das moléculas de monômeros para formação das cadeias poliméricas.

O controle da contração de polimerização vem sendo tentado desde o início da utilização dos polímeros, e a formulação dos polímeros de uso odontológico sofreu grandes alterações desde a introdução do uso das resinas acrílicas como material restaurador estético.

Smith e Schoonover (1953) constataram que a contração de polimerização das resinas acrílicas era entre 6% e 8%. A contração de polimerização de 2,7% foi obtida pelo composto resinoso criado por Bowen (1963), enquanto a contração de 1,67% da resina composta Glacier foi verificada por Cook, Forrest e Goodwin (1999). Apesar de todos os estudos e alterações na formulação das resinas compostas, ainda não foi possível eliminar o inconveniente da contração de polimerização. Desta forma, novos materiais e técnicas vêm sendo desenvolvidos com o objetivo de minimizar esta característica indesejável.

A técnica de hibridização da dentina, proposta por Nakabayashi (1982), utilizada em conjunto com os sistemas adesivos de última geração, segundo Retief, Mandras e Russel (1994), possibilitou um aumento em sua resistência adesiva para valores próximos à contração de polimerização das resinas compostas, o que impede a formação de fendas logo após sua polimerização. Conforme Perdigão et al. (1996), o estresse gerado por este antagonismo de forças pode levar à falha futura da restauração.

Profundidade do preparo cavitário, presença de restos de matéria orgânica, umidade, idade do paciente, tipo de dentina, espessura de dentina residual são algumas variáveis a serem consideradas na qualidade da resistência adesiva, segundo Mitchen e Gronas (1986), Suzuki e Finger (1988), Asmussen e Muskgaard (1988) e Perdigão et al. (1996).

Ao estudar-se contração de polimerização, deve-se considerar o fator de configuração cavitária. Segundo Feilzer, De Gee e Davidson (1987), o Fator C pode ser entendido como a proporção entre superfícies aderidas e superfícies livres do material restaurador às paredes da cavidade.

Com o intuito de eliminar as variáveis que influenciam a qualidade adesiva e os efeitos da configuração cavitária sobre a contração das resinas, o presente estudo foi realizado sem o uso de adesivos, para possibilitar o livre escoamento do material, permitindo a aferição integral de sua contração.

Alster (1997), afirmou que quanto maior o volume de material, maior será a contração de polimerização.

A técnica de inserção é um dos principais aspectos para clinicamente controlarmos a contração de polimerização. A técnica de incrementos oblíquos propicia uma menor quantidade de paredes envolvidas, o que segundo Souza Jr, Carvalho e Mondelli (2000), levaria a uma maior área de superfície livre, gerando maior relaxamento das tensões.

O trabalho de Lutz, Krejci e Oldbugrg (1986), propunha a utilização da técnica de inserção denominada técnica de três incrementos e nesta época o autor acreditava que a direção da incidência da luz tinha influência na direção de contração da resina. Embora a aplicação desta técnica demonstrasse melhoria no selamento marginal das restaurações, Lösche (1999), demonstrou que esta melhora estava relacionada à diminuição da intensidade da luz ao passar pela estrutura dentária, e não porque a contração se dá em direção à luz.

Atualmente, alguns fabricantes afirmam que seus materiais restauradores podem ser polimerizados em único incremento, quando usados em conjunto com os aparelhos fotopolimerizadores modernos. Rueggeberg e Jordan (1993), se opõe a este conceito, afirmando que o incremento de resina deveria ser o menor possível para possibilitar maior profundidade de polimerização.

Os dados gerados por este estudo mostram que a colocação fracionada de material na cavidade aumentou a contração de polimerização do material quando comparada à técnica de um só incremento. Este resultado contraria as conclusões de Alster (1997), sobre a relação entre massa de material e volume pós-polimerização.

O resultado obtido pode ser explicado pela atenuação da intensidade de luz à medida que aumenta a profundidade de material, segundo observado por Rueggeberg, Caughman e Curtis Jr. (1994). Isto significa dizer que as camadas mais superficiais da resina são mais eficazmente polimerizadas que as camadas mais profundas.

Apesar de Conceição (2000), afirmar que as paredes das matrizes metálicas servem como espelho, potencializando o efeito da luz, os resultados do presente estudo podem ser também explicados pela dificuldade de irradiação de toda a massa de material, dada a relação entre a altura de 4mm da matriz metálica e seu diâmetro de 2mm.

Além da diminuição das propriedades mecânicas do material, segundo Peutzfeldt (1997), a não polimerização integral do material pode, além de afetar a estabilidade de cor da resina, afetar sua biocompatibilidade, em função da degradação de monômeros residuais nas áreas não atingidas pela luz.

Testes complementares podem ser empregados para avaliar se as diferenças encontradas durante o experimento guardam alguma relação com o grau de conversão do material. A utilização do teste de microdureza na superfície oposta à incidência da luz pode dirimir de forma simples esta dúvida.

Além das técnicas de inserção do material, o uso de técnicas alternativas de fotoativação também vem sendo empregado para o controle do estresse de

polimerização. A modulação da fotoativação tem como objetivo prolongar a fase pré-gel, através da diminuição da velocidade de conversão da resina composta.

Autores como Uno e Asmussen (1991), Goracci, Mori e Martinis (1996) e Ernest et al. (2000), comprovaram a eficácia desta técnica no controle da infiltração marginal, por facilitar maior escoamento durante a fase de endurecimento do material. Embora Unterbrink e Muessner (1995), tenham concluído que a modulação da fotopolimerização não interfere nas propriedades físicas dos sistemas restauradores, suas conclusões se contrapõem às chegadas por Uno e Asmussem (1991), que verificaram baixa nos valores de resistência à união e compressão, que pode estar ligada a problemas na conversão total do material.

A técnica de modulação de polimerização é executada através do aumento da distância da fonte de luz no início da fotoativação, propiciando uma menor intensidade de luz, seguida de uma ativação complementar com a fonte de luz próxima ao material. Embora estudos como os de Silikas, Eliades e Watts (2000) e Bouschlicher, Rueggeberg e Boyer (2000), tenham percebido estresse de contração numericamente menor quando utilizaram baixa intensidade de luz seguida de polimerização complementar, se a intensidade de luz inicial for muito baixa, ainda segundo Bouschlicher, Rueggeberg e Boyer (2000), esta pode não ser suficiente para o alívio da contração ou para iniciar a fotopolimerização.

Apesar do sucesso dos estudos a respeito das técnicas de modulação de polimerização, sua execução em ambiente clínico é muito complexa, pois é difícil determinar, durante o processo de execução de uma restauração *in vivo*, a real distância entre a fonte de luz e o material restaurador.

A potência dos aparelhos de fotopolimerização encontrados nos consultórios e clínicas particulares, segundo estudos realizados por Bona, Casalli e Scleder(1997), Martin (1998); Solomom e Osman (1999) e Montenegro et al. (2003), é em média insuficiente para a satisfatória fotoativação das resinas compostas. A aplicação de técnicas com variação de distância diminuiria ainda mais a potência de fotoativação.

Para a fotoativação, foi usado neste estudo o aparelho OptiLight Digital da Gnatus. A ponteira do aparelho foi apoiada sobre a matriz metálica. O tempo de polimerização utilizado na técnica de múltiplos incrementos seguiu as recomendações do fabricante do material restaurador, enquanto o tempo usado na técnica de único incremento foi igual à soma dos tempos usados na polimerização dos três incrementos. Esta metodologia foi aplicada por ser de mais fácil execução em ambiente clínico.

Apesar da evolução dos sistemas restauradores e das técnicas de inserção e polimerização das resinas compostas, ainda não foi possível eliminar completamente os efeitos da contração de polimerização, que, segundo Unterbrink e Muessner (1995), é responsável pelo estresse mecânico capaz de romper as ligações entre os sistemas restauradores adesivos e a estrutura dental.

Para melhor conhecer os efeitos da contração de polimerização, diversos métodos de avaliação baseados principalmente na medição da densidade e/ou volume dos materiais têm sido empregados.

Os estudos de medição volumétrica baseiam-se principalmente no Princípio de Arquimedes, que versa que todo corpo, submerso em um líquido, desloca desse líquido uma quantidade determinada, cujo volume é exatamente igual ao volume do corpo submerso. Através dos conceitos de Arquimedes, foram desenvolvidas as técnicas de Picnometria e Dilatometria.

Apesar de toda a confusão na literatura odontológica a respeito das diferenças entre as duas técnicas, pode-se dizer que, enquanto a dilatométrica se presta a medir contração e expansão de materiais durante um determinado tempo, a picnometria é aplicada para medição de volume e densidade dos materiais.

A contração de polimerização já foi medida diversas vezes por meio de picnômetros e dilatômetros de água e mercúrio. Smith e Schoonover (1953), foram os primeiros autores a utilizarem um dilatômetro de mercúrio para aferir a contração de resinas acrílicas. Consideraram o método muito útil para a comparação entre amostras de materiais diferentes. De Gee, Feilzer e Davison (1981), conseguiram medir, continuamente, as alterações volumétricas das resinas quimicamente ativadas, mas consideraram que o tempo entre a manipulação do material e sua inserção na câmara de medição e o ar incorporado durante este procedimento podem afetar os resultados.

Segundo Watts e Cash (1991), e De Gee, Feilzer e Davidson (1993), a absorção do mercúrio pelas amostras testadas provoca opacidade do material e dificulta a polimerização pela luz, e que o sensível controle da temperatura afeta a precisão do método. Rees e Jacobsen (1989), alertam que o mercúrio pode prejudicar a saúde.

Bandyopadhyay (1982) e Lai e Johnson (1993), acreditam que a picnometria e a dilatométrica usando aparelhos à base de água também têm como grande desafio a manutenção do controle térmico, e ainda, segundo Bandyopadhyay<sup>7</sup>, 1982, a absorção de água pelas resinas compostas também pode afetar a fidelidade dos resultados, mas o autor acredita que esta só vá causar alterações significativas a partir de 60min.

Segundo Cook, Forrest e Goodwin (1999) e Amore et al. (2003), os únicos autores a utilizarem picnômetros a gás, o método é superior aos empregados

anteriormente, pois possibilita medições com alto grau de fidelidade, permitindo medições rápidas e precisas, sem a contaminação da amostra e sem interferência da umidade e temperatura.

Nesta pesquisa, foi usado o método da picnometria a gás para calcular a contração de polimerização da resina composta, ao se variar a técnica de inserção. Como o aparelho não mede alteração dimensional, o método da picnometria foi utilizado para determinar o volume antes e depois da fotopolimerização e a aplicação da fórmula do coeficiente de contração volumétrica  $C = \frac{\Delta V}{V + |\Delta V|}$  gerou os resultados da contração de polimerização.

O resultado encontrado no estudo sugere que o método de único incremento apresenta menor contração de polimerização que o método incremental, mas outros testes devem ser empregados em conjunto com a picnometria para confirmar este resultado.

O método de inserção utilizando espátula pode ter gerado bolhas de ar no interior da massa das amostras, ou ainda, a fonte de luz pode não ter conseguido polimerizar integralmente o material no grupo de único incremento, o que explicaria os resultados obtidos.

Por apresentar características como alta fidelidade, ausência de interferência de umidade e temperatura e não contaminação da amostra, além de ser prático, o método da picnometria a gás pode ser utilizado com segurança para as análises volumétricas das resinas compostas.

## 7 CONCLUSÃO

De acordo com a proposição e a análise estatística dos resultados obtidos através da metodologia realizada, pode-se concluir que:

Houve diferenças estatisticamente significantes na variação da técnica de inserção do material sobre a contração de polimerização, tendo a técnica incremental apresentado maior contração de polimerização.

## REFERÊNCIAS<sup>1</sup>

- Alster D. Polymerization contraction stress in thin resin composite layers as a function of layer thickness. *Dent Mater* 1997;13:146-50.
- Amaral CM, Castro AKBB, Pimenta LAF, Ambrosano GMB. Efeito das técnicas de inserção e ativação da resina composta sobre a microinfiltração e microdureza. *Pesqui Odontol Bras* 2002;16:257-62.
- Amore R, Pagani C, Youssef MN, Anauate Netto C, Lewgoy, HR. Polymerization shrinkage evaluation of three packable composite resins using a gás pycnometer. *Pesqui Odontol Bras* 2003;17:273-7.
- Asmussen E. Factors affecting the quantity of remaining double bond in restorative resin polymers. *Scand J Dent Res* 1982;90:490-6.
- Asmussen E, Munksgaard EC. Bonding of restorative materials to dentine: status of dentine adhesives and impact on cavity design and filling techniques. *Int Dent J* 1988;38:97-104.
- Bandyopadhyay S. Study of the volumetric setting shrinkage of some dental materials. *J Biomed Mater Res* 1982;16:135-44.
- Bona AD, Casalli JL, Schleder, PV. Eficácia dos fotopolimerizadores utilizados em clínicas odontológicas. *Rev Fac Odontol Univ Passo Fundo* 1997;2:41-50.
- Bouschlicher MR, Rueggeberg FA, Boyer DB. Effect of stepped light intensity on polymerization force and conversion in a photoactivated composite. *J Esthet Dent* 2000;12:23-32.
- Bowen RL. Dental filling material comprising vinyl-silane treated fused silica and a binder consisting of the reaction product of bisphenol and glycidyl methacrylate. *US P.I.* 1962;3066112

---

<sup>1</sup> De acordo com o estilo Vancouver. Abreviatura de periódicos segundo base de dados MEDLINE

Bowen RL. Properties of a silica-reinforced polymer for dental restorations. J Am Dent Assoc 1963;66:57-64.

Bowen RL, Rapson JE, Dickson G. Hardening shrinkage and hygroscopic expansion of composite resins. J Dent Res 1982;61:654-8.

Buonocore MG. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. J Dent Res 1955;34:849-53.

Calabria D, Cabral AJ. Avaliação de técnicas de inserção e fotopolimerização da resina composta na caixa proximal de cavidades classe II, através da microinfiltração marginal. Um estudo *in vitro*. Rev ABO Nac 2001;8:369-74.

Carvalho RM et al. A review of polymerization contraction: the influence of stress development versus stress relief. Oper Dent 1996;21:17-24.

Chung K, Greener EH. Degree of conversion of seven light-cured posterior composites. J Oral Rehabil 1988;15:555-60.

Coli P, Brannstrom M. The marginal adaptations of four different bonding agents in Class II composite resin restorations applied in two incremental. Quintessence Int 1993;24:583-91.

Conceição EN. Dentística – Saúde e Estética. Porto Alegre: Artmed;2000.

Cook WD, Forrest M, Goodwin AA. A simple method for the measurement of polymerization shrinkage in dental composites. Dent Mater 1999;15:447-9.

Crim GA, Chapman KW. Effect of placement techniques on microleakage of a dentin-bonded composite resin. Quintessence Int 1986;17:21-4.

Crim GA. Microleakage of three resin placement techniques. Am J Dent 1991;4:69-72.

De Gee AJ, Davidson CL, Smith A. A modified dilatometer for continuous recording of volumetric polymerization shrinkage of composite restorative materials. J Dent 1981;9:36-42.

De Gee AJ, Feilzer AJ, Davidson CL. True linear polymerization shrinkage of unfilled resins and composites determined with a linometer. *Dent Mater* 1993;9:11-4.

Domingues LA, Veronesi MC, Andrade et al. The effect of restorative technique on marginal leakage of resin composite Class II restoration. *J Dent Res* 2000;79:536.

Feilzer AJ, De Gee AJ, Davidson CL. Curing contraction of composites and glass ionomer cements. *J Prosthet Dent* 1988;59:297-300.

Feilzer AJ, De Gee AJ, Davidson CL. Quantitative determination of stress reduction by flow in composite restorations. *Dent Mater* 1990;6:167-71.

Feilzer AJ, De Gee AJ, Davidson CL. Setting stress in composite resin in relation to configuration of restoration. *J Dent Res* 1987;66:1636-9.

Feilzer AJ et al. Influence of light intensity on polymerization shrinkage and integrity of restoration-cavity interface. *Eur J Oral Sci* 1995;103:322-6.

Goldman M. Polymerization shrinkage of resin-based restorative materials. *Aust Dent J* 1983;28:156-61.

Goracci G, Mori G, Martinis LC. Curing light intensity and marginal leakage of resin composite restorations. *Quintessence Int* 1996;27:355-62.

Idriss S, Habib C, Abduljabbar T, Omar R. Marginal adaptation of class II resin composite restorations using incremental and bulk placement techniques: an ESEM study. *J Oral Rehabil* 2003;30:1000-7.

Kidd EAM. Microleakage: a review. *J Dent* 1976;4:199-206.

Koran P, Kürschner R. Effect of sequential versus continuous irradiation of a light-cured resin composite on shrinkage, viscosity, adhesion, and degree of polymerization. *Am J Dent* 1998;11:17-22.

Lai JH, Johnson AE. Measuring polymerization shrinkage of photo-activated restorative materials by a water-filled dilatometer. *Dent Mater* 1993;9:139-43.

Lee HL, Orlowski JA, Rogers BJ. A comparison of ultraviolet-curing and self-curing polymers in preventive, restorative and orthodontic dentistry. *Int Dent J* 1976;26:134-51.

Loguercio AD. Efeitos da contração de polimerização em restaurações de resina composta. [Tese de Doutorado]. São Paulo: Faculdade de Odontologia da USP;2002.

Lopes GC, Baratieri LN, Monteiro S, Vieira LC. Effect of posterior resin composite placement technique on the resin-dentin interface formed in vivo. *Quintessence Int* 2004;35:156-61.

Lösche GM. Marginal adaptation of Class II composite fillings guided polymerization vs reduced light intensity. *J Adhes Dent* 1999;1:31-9.

Lutz F, Krejci I, Oldeburg TR. Elimination of polymerization stresses of the margins of posterior composite resin restorations: a new restorative technique. *Quintessence Int* 1986;17: 777-84.

Martin FE. A survey of the efficiency of visible light curing units. *J Dent* 1998;26:239-43.

Menezes FCH, Saad JRC et al. Infiltração marginal em restaurações utilizando diferentes métodos de inserção da resina. *RBO* 2002;59:105-7.

Mitchen JC, Gronas DG. Effects of time after extraction and depth of dentin on resin dentin adhesives. *J Am Dent Assoc* 1986;113:285-7.

Montenegro G et al. Descobrimo seu fotopolimerizador. *Rev assoc Paul Cir Dent* 2003;57:66-71.

Nakabayashi N. Resin reinforced dentin due in infiltration of monomers into the dentin at the adhesive interface. *J Jpn Dent Mater* 1982;1:78-81.

Penn RW. A recording dilatometer for measuring polymerization shrinkage. *Dent Mater* 1986;2:78-9.

Perdigão J, Lambrechts P et al. The interaction of adhesive systems with dentin. *Am J Dent* 1996;9:167-73.

Peutzfeldt A. Resin composites in dentistry: the monomer systems. *Eur J Oral Sci* 1997;105:97-116.

Rees JS, Jacobsen PH. The polymerization shrinkage of composite resins. *Dent Mater* 1989;5:41-4.

Retief DH, Mandras RS, Russel CM. Shear bond strength required to prevent microleakage at the dentin/restoration interface. *Am J Dent* 1994;7:43-6.

Rueggeberg FA, Caughman WF, Curtis Jr JW. Effect of light intensity and exposure duration on cure of resin composite. *Oper Dent* 1994;19:26-32.

Rueggeberg FA, Jordan DM. Effect of light-tip distance on polymerization of resin composite. *Int J Prosthodont* 1993;6:364-70.

Sakaguchi RL, Peters MCRB, Nelson SR, Douglas WH, Poort HW. Effects of polymerization contraction in composite restorations. *J Dent* 1992;20:178-82.

Silikas N, Eliades G, Watts DC. Light intensity effects on resin-composite degree of conversion and shrinkage strain. *Dent Mater* 2000;16:292-6.

Smith DL, Schoonover IC. Direct filling resins: dimensional changes resulting from polymerization shrinkage and water sorption. *J Am Dent Assoc* 1953;46:540-4.

Solomon CS, Osman YI. Evaluating the efficacy of curing lights. *SADJ* 1999;54:357-62

Souza Jr MHS, Carvalho RM, Mondelli RFL. *Odontologia estética – fundamentos e aplicações clínicas*. São Paulo: Ed. Santos;2000.

Suliman AH, Boyer DB, Lakes RS. Polymerization shrinkage of composite resins: comparison with tooth deformation. *J Prosthet Dent* 1994;71:7-12.

Suzuki T, Finger WJ. Dentin adhesives: site of dentin vs bonding of composite resins. *Dent Mater* 1988;4:379-83.

Uno S, Asmussen E. Marginal adaptation of a restorative resin polymerized at reduced rate. *Scand J Dent Res* 1991;99:440-4.

Unterbrink GL, Muessner R. Influence of light intensity on two restorative systems. *J Dent* 1995;23:183-9.

Venhoven BAM, De Gee AJ, Davidson CL. Light initiation of dental resins: dynamics of the polymerization. *Biomaterials* 1996;17:2313-8.

Versluis A, Tantbirojn D, Douglas WH. Do dental composites always shrink toward the light? *J Dent Res* 1998;77:1435-45.

Versluis A, Douglas WH, Cross M et al. Does an incremental filling technique reduce polymerization shrinkage stresses? *J Dent Res* 1996;75:871-8.

Watts DC, Cash AJ. Determination of polymerization shrinkage kinetics in visible-light-cured materials: methods development. *Dent Mater* 1991;7:281-7.

Watts DC, Amer O, Combe EC. Characteristics of visible-light-activated composite systems. *Br Dent J* 1984;156:209-15.