



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA



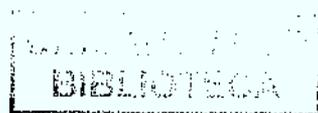
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA

Monografia de Final de Curso

Aluno(a): Ana Carolina Horita

Orientador(a): Prof. Dr. Simonides Consani

Ano de Conclusão do Curso: 2009



22
2009



1290004961

TCC/UNICAMP
H782a
FOP

Ana Carolina Horita

**Avaliação do modo de ativação sobre a resistência a flexão de três pontos
e módulo de elasticidade de compósito restaurador com barras de
diferentes formatos.**

Monografia apresentada ao Curso de
Odontologia da faculdade de
Odontologia de Piracicaba – UNICAMP,
Para obtenção do Diploma de Cirurgião-
Dentista.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Simonides Consani

Piracicaba – SP

Dezembro/2009

Unidade - FOP/UNICAMP
TCC / UNICAMP
H782a Ed.
Vol. Ex.
Tombo 4961
C D
Proc. 10P-134/10
Preço R\$ 11,00
Data 13/08/10
Registro 771512

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA**
Bibliotecária: Marilene Girello – CRB-8ª. / 6159

H782a Horita, Ana Carolina.
Avaliação do modo de ativação sobre a resistência a flexão de três pontos e módulo de elasticidade de compósito restaurador com barras de diferentes formatos. / Ana Carolina Horita. -- Piracicaba, SP: [s.n.], 2009.
21f. : il.

Orientador: Simonides Consani.
Monografia (Graduação) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba.

1. Resinas compostas. 2. Materiais dentários. I. Consani, Simonides. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Odontologia de Piracicaba. III. Título.
(mg/fop)

Dedicatória

À minha querida mãe, que me deu todo o suporte e orientação durante toda a sua vida, e me fez acreditar nos meus sonhos sempre me apoiando incondicionalmente. A quem devo tudo o que sou hoje!

À minha tia Cristina que sempre acreditou no meu potencial e esteve ao meu lado.

Aos meus irmãos que fizeram da minha infância a minha melhor lembrança, principalmente ao meu irmão Fernando, que sempre foi meu porto seguro, minha companhia de todas as horas.

A minha amiga- irmã Gabriella que esteve ao meu lado durante estes quatro anos, nos piores e melhores momentos, sempre segurando a minha mão.

Agradecimentos

À Faculdade de Odontologia de Piracicaba, FOP-UNICAMP por todo o conhecimento aqui adquirido e principalmente pela oportunidade de realização de um grande sonho.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Simonides Consani pela atenção dispensada para a execução do trabalho.

Ao doutorando Luciano Gonçalves pelo exemplo de amizade, profissionalismo e incentivo, assim contribuindo não só com a minha formação profissional, mas também com minha formação pessoal.

A todos os meus amigos que foram de fundamental importância ao longo destes quatro anos, pois sem a ajuda de vocês este sonho não se tornaria realidade.

Sumário

Lista de Tabelas e Figuras.....	06
Resumo.....	07
Abstract.....	08
Introdução.....	09
Materiais e métodos.....	11
Resultados.....	15
Discussão.....	16
Conclusões.....	19
Referências Bibliográficas.....	20

Lista de Tabelas e Figuras

Figura 1: Representação esquemática da confecção das amostras, onde são mostradas as matrizes para as barras de convencionais (25 mm) e a barra alternativa testada neste estudo (7 mm).....14

Tabela 1: Protocolo dos Grupos.....13

Tabela 2: Resultados de Resistência a flexão e módulo de elasticidade.....15

Resumo

O objetivo neste estudo foi avaliar a influência de dois modos de fotoativação sobre resistência à flexão e o módulo de elasticidade de um compósito restaurador com dois formatos de barras. Como controle (CO) foram confeccionadas dez barras seguindo a norma 4049/2000 da ISO (25 x 2 x 2 mm) fotoativadas em modo contínuo por 20s. e vinte barras experimentais com 7 x 1 x 2, as quais foram confeccionadas e divididas em 2 grupos: G1 – fotoativação contínua por 20 segundos e G2 – fotoativação por pulso tardio com ativação inicial de 2s e complementação de 18s após 5 minutos. Após 24h da ativação, o teste foi realizado em máquina de ensaios com velocidade constante de 0,5mm/min e monitorado pelo programa Blue Hill 2 que forneceu os valores de resistência a flexão (MPa) e módulo de elasticidade (GPa). Os valores foram submetidos à análise de variância de um fator e ao teste de Tukey (5%). CO apresentou os maiores valores de resistência à flexão ($158,6 \pm 10,6$) e módulo de elasticidade ($12,20 \pm 0,25$) quando comparado a G1 ($131,65 \pm 21,2$ e $9,28 \pm 3,7$) e G2 ($131,1 \pm 16,9$ e $10,1 \pm 4,4$) que não apresentaram diferença significativa entre si. Foi possível concluir que a barra nas dimensões da ISO apresentou maiores valores de resistência à flexão e módulo de elasticidade que as barras experimentais, sendo que os modos de ativação não influenciaram as propriedades estudadas das barras experimentais.

Palavras chave: resina composta, resistência a flexão, materiais dentários

Abstract

The aim of this study was to evaluate the influence of two photo-activation modes on flexural strength and elastic modulus of a composite resin by using two shapes bars. Ten bars were fabricated according to ISO 4049/2000 specification (25 x 2 x 2 mm) with 20 s photo-activation as a control (CO) and twenty experimental bars with 7 x 1 x 2 mm (length x high x width) were fabricated and divided into 2 groups: G1 –20 s with continuous mode photo-activation and G2 – pulse delay irradiation with 2s initial irradiation and 18 s second irradiation after a five minutes delay. After 24h of storage in distilled water (37°C) the flexural strength test was performed in a universal testing machine with a cross head speed of 0,5mm/min. The flexural strength (MPa) and elastic modulus data (GPa) were calculated using the software Blue Hill 2 and submitted to one way ANOVA and Tukey's Test. CO showed the highest values of flexural strength (158.6±10.6) and elastic (12.20±0.25) compared to G1 (131.65±21.2 and 9.28±3.7) and G2 (131.1±16.9 e 10.1±4.4) that resulted in equivalent values for the two properties. The recommended bar shape by ISO showed the highest values of Flexural strength and elastic modulus compared to experimental bars shape. The activation modes had no influence on the properties of the experimental bars.

Key words: composite resin, flexural strength, dental materials

Introdução

A tensão gerada pela contração de polimerização dos compósitos odontológicos tem sido estudada desde que esses materiais começaram a ser empregados como restauradores dentais diretos, considerando que ela pode influenciar o resultado final das restaurações^{1, 2}. Diversas formas de contornar esse problema como: adição de diferentes tipos e formatos de partículas de carga^{3, 4}, aplicação de diferentes monômeros^{5, 6}, inserção do compósito em incrementos⁷ e a criação de diferentes técnicas de fotoativação^{2, 8} já foram propostas. Entretanto, dentre essas apenas as duas últimas são controladas pelo operador no momento da restauração.

Sabe-se que a tensão de contração tem influência direta sobre a interface de união dente/compósito^{1, 9}. Entretanto alguns estudos procuram avaliar influência da tensão de contração sobre as propriedades mecânicas do polímero formado^{10, 11}. O efeito da tensão gerada pela contração de polimerização sobre o compósito ainda não é bem conhecido. Acredita-se que ele possa influenciar propriedades como módulo de elasticidade e grau de conversão. No entanto testes como resistência à flexão, que possibilita a determinação do módulo de elasticidade, tornam-se imprecisos em função do tamanho da amostra e da necessidade de se efetuar mais de uma fotoativação para abranger toda a amostra. Por outro lado, modos de ativação como pulso tardio ou rampa tornarem-se clinicamente impraticáveis. Para contornar esse problema, alguns autores têm realizado o teste de resistência a flexão de três pontos como recomendado pela norma 4049 da ISO alterando o tamanho da barra.¹¹⁻¹³. Essa modificação permite que uma ativação abranja toda a barra,

possibilitando assim a avaliação dos modos de fotoativação sobre a resistência à flexão e módulo de elasticidade dos compósitos.

Por outro lado, não existe ainda um padrão para a confecção dessas barras, que podem apresentar diferentes dimensões dependendo de cada estudo^{11, 13}, dificultando a comparação desses resultados. Além disso, alguns autores colocam que modificações no tamanho ou formato da barra podem alterar o comportamento mecânico da amostra sob tensão^{14, 15}. Pick e colaboradores (2009)¹² concluíram que a utilização do teste de flexão bi-axial, com amostra em forma de disco, seria mais indicado que reduzir o formato da amostra do teste convencional de três pontos. Porém, a confecção dessa amostra é de difícil execução, porque o paralelismo das faces é fundamental para a que o teste seja executado de maneira satisfatória.

Com o intuito de aprimorar o entendimento sobre a relação entre a tensão de contração e as propriedades mecânicas dos compósitos, este estudo propõe avaliar a influência de dois modos de fotoativação (contínuo e pulso tardio) sobre a resistência a flexão e o módulo de elasticidade de um compósito restaurador direto, em barras de dois diferentes tamanhos, convencional preconizado pela norma 4049 da ISO e experimental que permite a fotoativação em uma exposição.

Materiais e métodos

Para a confecção das amostras foi utilizado o compósito Filtek Z350, na cor A3 (3M ESPE, St. Paul, MN, EUA) cuja composição da matriz orgânica apresentada pelo fabricante contém Bisfenol A Glicidil metacrilato (Bis-GMA), Bisfenol A Glicidil metacrilato etoxilado (Bis-EMA), Trietileno glicol dimetacrilato (TEGDMA), Uretano dimetacrilato (UDMA) e 59,5 % em volume de sílica coloidal e zircônia, com tamanho ente 20 e 75 nm como carga de reforço. As barras para o teste de flexão de três pontos foram confeccionadas com as dimensões demonstradas na Tabela 1.

Confecção dos corpos de prova

As amostras foram confeccionadas por um único operador em ambiente com temperatura e umidade controlados (23 ± 2 °C e $50 \pm 5\%$) com luz amarela para que a iluminação ambiente não interferisse na polimerização do compósito. Para o estudo, foram utilizadas matrizes bipartidas de aço inoxidável com uma fenda central. As matrizes foram colocadas sobre uma placa de vidro interposta na região da fenda por uma tira de poliéster. O compósito foi inserido nas fendas com o auxílio de uma espátula de inserção Duflex número 1 (S. S. White do Brasil, Rio de Janeiro, RJ, Brasil) até seu preenchimento. Sobre o compósito foi posicionada outra matriz de poliéster e sobre ela uma lâmina de vidro de 0,5 mm de espessura e então aplicada uma força constante de 0,5 kgf durante 1 minuto. Para a fotoativação foi utilizado o aparelho Ultra Lumi Led 5 (Ultradent Products Inc, South Jordan, UT, EUA) com irradiância de 1000 mW/cm² verificada com medidor de potência (Ophir Optronics Ltda.®,

Jerusalém, Israel). A fotoativação do grupo controle (GC) seguiu a recomendação da norma 4049 da ISO com cinco ativações a partir do centro da barra no topo e na base totalizando 10 ativações de 20s em modo contínuo. No Grupo 1 (G1) foi realizada com uma ativação de 20s em modo contínuo envolvendo toda a amostra. Para a ativação do Grupo 2 (G2) foi utilizado o modo de Pulso Tardio, com ativação inicial de 2s e a complementação com 18s após 5 minutos. A Figura 1 mostra uma representação esquemática da confecção das amostras. Após um intervalo de 15 min do fim da fotoativação, cada amostra foi polida com lixas de carbetto de silício com granulação de 1200 (Norton S.A., São Paulo, SP, Brasil) e armazenadas a 37°C em água deionizada durante 24 horas em ambiente livre de luz.

Teste de resistência à flexão

Após o período de armazenamento, o excesso de água foi removido com papel absorvente e as medições de altura e largura das amostras foram realizadas com parquímetro digital com precisão de 0,01 mm (Mitutoyo Corporation®, Tokyo, Japão) em cinco pontos eqüidistantes. Em seguida, foi então calculada a média das dimensões da amostra para ser inserida no programa de ensaio que monitora o teste. O teste foi realizado em máquina de ensaios universal (Instron 4411, Instron Inc., Canton, MA, USA) com velocidade constante de 0,5mm/min. Os dados em Kgf fornecidos pelo teste foram coletados pelo programa de monitoramento Blue Hill 2 (Instron Inc.) acoplado à máquina de ensaio e calculados os valores de resistência a flexão (MPa) e módulo de elasticidade (GPa). Os resultados foram submetidos separadamente à análise de variância de 1 fator e ao teste de Tukey (5%).

Tabela 1. Protocolo dos Grupos.

Grupos	Dimensões (mm)	Modo de fotoativação	Tempo (s)	Densidade de Energia (J/cm²)
CO	25 x 2 x 2 (ISO 4049)	Contínuo (em cinco pontos da barra)	20	20
G1	7 x 2 x 1	Contínuo	20	20
G2	7 x 2 x 1	Pulso-tardio	2 + 18	20

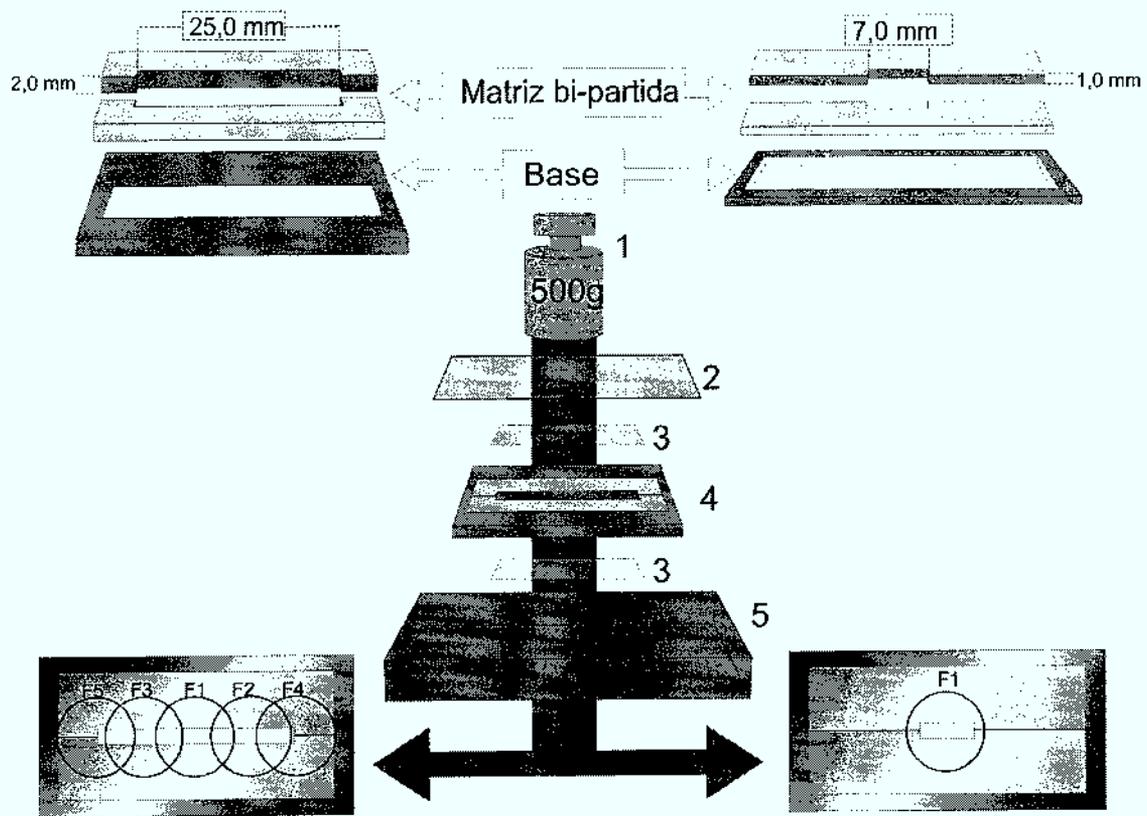


Figura1. Representação esquemática da confecção das amostras, onde são mostradas as matrizes para as barras de convencionais (25 mm) e a barra alternativa testada neste estudo (7 mm). (1) mostra a aplicação da carga de 500g pelo período de 1 min., (2) placa de vidro utilizada para regularizar a barra de compósito através da qual foi realizada a fotoativação, (3) Tira de poliéster posicionada sobre e sob a matriz, (4) matriz montada com a fenda central preenchida pelo compósito restaurador, (5) placa de vidro sobre a qual foi posicionado o sistema. As indicações de F1 a F5 mostram o esquema das fotoativações na barra convencional e na barra alternativa.

Resultados

Os resultados do teste de resistência à flexão e do módulo de elasticidade para os grupos testados são mostrados na Tabela 2. A análise de variância de 1 fator e o teste de Tukey ($P < 0,05$) mostraram que GC apresentou maiores valores de resistência à flexão e módulo de elasticidade que os demais grupos. G1 e G2 não diferiram estatisticamente entre si tanto para os valores de resistência flexão quanto para módulo de elasticidade.

Tabela 2. Resultados de resistência a flexão e módulo de elasticidade.

Grupos	Resistência a flexão (MPa)	Módulo de elasticidade (GPa)
CO	158,57 (10,6) A	12,20 (0,25) A
G1	131,65 (21,2) B	9,28 (3,74) B
G2	131,06 (16,9) B	10,06 (4,36) B

Letras diferentes em cada coluna indicam diferença estatística significativa ($P < 0,05$)

Discussão

Neste estudo foram encontrados menores valores de resistência à flexão para a barra experimental (Tabela 2). Isso pode ser explicado por duas razões: a primeira seria a maior probabilidade da tensão desenvolvida na barra pequena encontrar pontos de falha estrutural, como ocorre no teste de resistência à flexão de quatro pontos¹⁶. A segunda razão seria em função da sobreposição de fotoativações aplicadas na barra utilizada pela norma 4049 da ISO¹², resultando em maior grau de conversão quando comparado à barra alternativa que recebeu uma fotoativação. A sobreposição de fotoativações pode ter também influenciado o módulo de elasticidade em função dos dois formatos de barras, o que tornou a barra da ISO mais rígida (Tabela 2).

Vários estudos têm utilizados barras alternativas à preconizada pela norma 4049 da ISO¹¹⁻¹³. Entretanto não existe um padrão para a confecção das barras o que dificulta a comparação entre os testes, como ocorre entre os testes de 3 e 4 pontos¹⁶ ou entre os testes uni-axial (barra) e bi-axial (disco)¹². Dessa forma, o entendimento de como as tensões se desenvolvem dentro da barra alternativa é prejudicado. Estudos anteriores mostram que, quando aplica-se o teste de resistência à flexão de 4 pontos maior área da amostra é submetida à tensão^{17, 18}, com probabilidade que os valores de resistência à flexão sejam menores¹⁶. Dessa forma, a redução das dimensões da barra pode promover o mesmo efeito, o que explica a redução dos valores de resistência. O maior do grau de conversão da barra preconizada pela ISO em função da sobreposição de fotoativações também pode ter resultado na maior resistência à flexão e

módulo de elasticidade. Mesmo com cada ativação sendo realizada com a irradiância de 20 J/cm^2 , o maior número de ativações utilizadas no teste da ISO promove a sobre exposição das incidências de luz, fornecendo mais energia para a polimerização do compósito.

O modo de ativação aplicado não promoveu diferença entre as propriedades das barras alternativas (G1 e G2), o que indica que os dois modos de fotoativação empregados podem ter resultado em valores similares de grau de conversão e densidade de ligações cruzadas. Alguns autores relatam que o relaxamento da tensão de contração está relacionado ao escoamento da cadeia polimérica¹⁹. Com base em estudos anteriores^{20, 21}, era esperado que a utilização do modo de ativação pulso-tardio promovesse algum efeito nas propriedades mecânicas do polímero formado que pudesse resultar em alterações na resistência à flexão e/ou no módulo de elasticidade, considerando que esse modo de ativação estaria relacionado às cadeias poliméricas lineares com menor densidade de ligações cruzadas^{20, 22}. Entretanto, Pfeifer *et al.* (2006)⁸ mostraram que fatores como a intensidade do pulso inicial, o tempo entre os pulsos (inicial e complementar) e também a combinação e quantidade de monômeros do compósito utilizado pode resultar em polímeros de propriedades distintas, porque a tensão de contração tem sido associada ao grau de conversão. Porém, a densidade de ligações cruzadas dos compósitos utilizados nesse estudo não foi influenciada pelo método de fotoativação, o que poderia explicar a similaridade do módulo de elasticidade entre as barras alternativas neste estudo.

Dessa forma, observa-se que a literatura carece de informações sobre o comportamento das barras alternativas para o teste de flexão de três pontos

quando comparado ao comportamento da amostra preconizada pela ISO, e também a influência dos modos de ativação sobre este teste. Portanto, a outras formas de avaliação como a análise de elementos finitos, e extensometria são necessários para fornecer informações adicionais sobre a indicação e validade desses testes.

Conclusões

Dentro das limitações do estudo foi possível concluir que:

- A barra preconizada pela ISO 4049/2000 apresentou maiores valores de resistência à flexão e módulo de elasticidade sob efeito da sobre exposição de fotoativações na distribuição interna de tensões.
- O modo de fotoativação não influenciou a resistência à flexão e o módulo de elasticidade da barra alternativa.

Referências Bibliográficas

1. Suliman AH, Boyer DB, Lakes RS. Polymerization shrinkage of composite resins: comparison with tooth deformation. *J Prosthet Dent* 1994;71:7-12.
2. Tarle Z, Meniga A, Ristic M, Sutalo J, Pichler G, Davidson CL. The effect of the photopolymerization method on the quality of composite resin samples. *J Oral Rehabil* 1998;25:436-442.
3. Braem M, Finger W, Van Doren VE, Lambrechts P, Vanherle G. Mechanical properties and filler fraction of dental composites. *Dent Mater* 1989;5:346-348.
4. Turssi CP, Ferracane JL, Vogel K. Filler features and their effects on wear and degree of conversion of particulate dental resin composites. *Biomaterials* 2005;26:4932-4937.
5. Carioscia JA, Lu H, Stanbury JW, Bowman CN. Thiol-ene oligomers as dental restorative materials. *Dent Mater* 2005;21:1137-1143.
6. Weinmann W, Thalacker C, Guggenberger R. Siloranes in dental composites. *Dent Mater* 2005;21:68-74.
7. Kuijs RH, Fennis WM, Kreulen CM, Barink M, Verdonschot N. Does layering minimize shrinkage stresses in composite restorations? *J Dent Res* 2003;82:967-971.
8. Pfeifer CS, Braga RR, Ferracane JL. Pulse-delay curing: influence of initial irradiance and delay time on shrinkage stress and microhardness of restorative composites. *Oper Dent* 2006;31:610-615.
9. Ferracane JL, Mitchem JC. Relationship between composite contraction stress and leakage in Class V cavities. *Am J Dent* 2003;16:239-243.
10. Calheiros FC, Daronch M, Rueggeberg FA, Braga RR. Degree of conversion and mechanical properties of a BisGMA:TEGDMA composite as a function of the applied radiant exposure. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2008;84:503-509.
11. Goncalves F, Pfeifer CS, Ferracane JL, Braga RR. Contraction stress determinants in dimethacrylate composites. *J Dent Res* 2008;87:367-371.
12. Pick B, Meira JB, Driemeier L, Braga RR. A critical view on biaxial and short-beam uniaxial flexural strength tests applied to resin composites using Weibull, fractographic and finite element analyses. *Dent Mater* 2009.
13. Asmussen E, Peutzfeldt A. Flexural strength and modulus of a step-cured resin composite. *Acta Odontol Scand* 2004;62:87-90.
14. Shigley JE, Mischke CR, Brown TH. *Standard handbook of machine design* New York: McGraw-Hill 2004.
15. Adams DF. *The short beam shear test*. High Perform Compos 2006.
16. Rodrigues SA, Jr., Ferracane JL, Della Bona A. Flexural strength and Weibull analysis of a microhybrid and a nanofill composite evaluated by 3- and 4-point bending tests. *Dent Mater* 2008;24:426-431.
17. Quinn GD. Weibull strength scaling for standardized rectangular flexure specimens. *J Am Ceram Soc* 2003;86:508-510.
18. Ritter JE. Critique of test methods for lifetime predictions. *Dent Mater* 1995;11:147-151.

19. Lu H, Stansbury JW, Bowman CN. Towards the elucidation of shrinkage stress development and relaxation in dental composites. Dent Mater 2004;20:979-986.
20. Asmussen E, Peutzfeldt A. Influence of pulse-delay curing on softening of polymer structures. J Dent Res 2001;80:1570-1573.
21. Lim BS, Ferracane JL, Sakaguchi RL, Condon JR. Reduction of polymerization contraction stress for dental composites by two-step light-activation. Dent Mater 2002;18:436-444.
22. Ferracane JL. Correlation between hardness and degree of conversion during the setting reaction of unfilled dental restorative resins. Dent Mater 1985;1:11-14.

