

Polymerization of Resin Composite With Halogen Lamp and LED

Fotopolimerização de Resina Composta com Luz Halógena e LED

Avaliação da Resistência à Tração de uma Resina Composta Fotopolimerizável em Função de Diferentes Fontes de Luz e de Tempos de Ativação

INTRODUÇÃO

O sucesso clínico de uma restauração com resina composta fotopolimerizável está diretamente relacionado à qualidade do polímero formado por determinada fonte de luz. Neste processo os principais fatores responsáveis pelo compósito obtido são: emissão suficiente de intensidade de luz, correto comprimento de onda emitido e tempo de exposição adequado^{17,24}.

Das fontes de luz azul visível disponível no mercado, a mais popular aos profissionais da área odontológica é a convencional luz halógena de quartzo-tungstênio (LH), porém esta apresenta algumas desvantagens que limitam sua vida útil^{7,18,24}. Em consequência da alta temperatura em que as lâmpadas operam, ocorrem danos no bulbo, no refletor e no filtro, que tem a importante função de selecionar a energia luminosa no comprimento de onda necessário para sensibilizar o fotoiniciador. Todos estes fatores interferem na qualidade da luz emitida, afetando o grau de polimerização do material, sem que o profissional possa se aperceber¹. A energia luminosa emitida por estes aparelhos varia numa extensão de 300 a 1000nm no espectro eletromagnético e inclui energia na banda do infravermelho e ultravioleta, portanto numa extensão de comprimentos de onda tão vasta quanto a da luz branca, sendo muitos destes desnecessários ao processo de fotopolimerização. O tempo de vida útil de uma LH é muito curto. Estima-se que sua durabilidade é de somente 50 horas, em média 38,6 horas. Além disso, tem-se demonstrado que muitos aparelhos que emitem LH não alcançam a mínima intensidade de luz especificada pelos fabricantes, devido à falta de manutenção e a não checagem da intensidade de luz do mesmo, ou ainda pelo fato do filtro e/ou lâmpada não serem substituídos regularmente¹.

Novos modelos alternativos de aparelhos surgiram no mercado. A exemplo disto, as lâmpadas de arco de plasma e o laser de argônio são os de maior custo, face à tecnologia envolvida^{6,12,21}. O LED (*light-emitting-diode*) é a tecnologia mais recente na polimerização de materiais fotossensíveis. Trata-se de uma fonte de luz no estado sólido, composta pela combinação de diferentes semicondutores para emissão de luz azul. Uma das grandes vantagens deste tipo de aparelho é a estreita faixa do espectro de luz visível emitido, o qual coincide com espectro de absorção máxima da CQ (468nm) o fotoiniciador mais comumente encontrado especificamente nas resinas compostas^{1,4}. Outro aspecto positivo é o de não necessitar filtros, uma vez que comprimentos de onda desnecessários não são gerados e, portanto, há mínima geração de calor. Ainda dentro das vantagens deste aparelho, este possui uma longa vida útil, de 10 mil¹³ a 100 mil horas⁸, sem significativa degradação do fluxo de luz com o passar do tempo além de serem altamente resistentes aos atos de ligar e desligar durante o seu uso rotineiro^{4,16,11}.

- Virginia Bosquioli

Mestre em Dentística Restauradora pela FO/Baurú/USP, Professora da Disciplina de Dentística Restauradora I da FO/Cascavel/PR (UNIOESTE).

- Eduardo Batista Franco

- José Carlos Pereira

- Maria Fidela de Lima Navarro

- Rafael Francisco Lia Mondelli

Professores do Departamento de Dentística, Endodontia, Materiais Dentários da FO/Baurú/USP.

**Os AA avaliam a
efetividade do LED e
LH (luz halógena), na fo-
topolimerização
da resina composta**

CONTATO C/AUTOR:

E-mail: vbosquioli@unioeste.br

DATA DE RECEBIMENTO:

Fevereiro/2005

DATA DE APROVAÇÃO:

Junho/2005

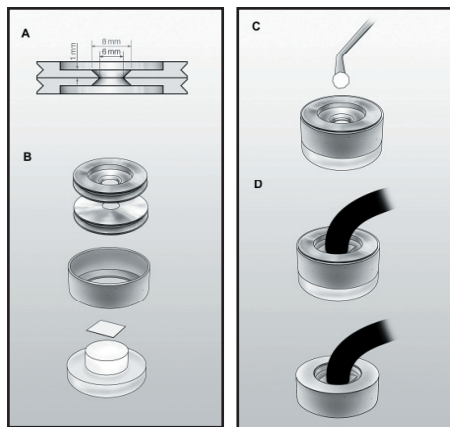


Figura 1 - A: Corte transversal do conjunto de matrizes posicionadas. **B:** Esquema do posicionamento das matrizes + dispositivo para acomodar o conjunto de matrizes + tira de poliéster + base de acrílico. **C:** Inserção da resina composta. **D:** Fotopolimerização em duas etapas, metade para cada segmento de matriz.

Não obstante as características favoráveis, já demonstradas, destes aparelhos, autores como STAHL et al.¹⁸, DUNN; VUSH² já apontaram a necessidade de informações adicionais sobre as propriedades mecânicas dos compósitos polimerizados com LED a fim de poder melhor julgar o seu potencial de polimerização. Estas propriedades dos materiais são dependentes do grau de conversão de polimerização. Neste sentido, a avaliação da resistência à tração constitui-se em fator primordial para correlacionar a qualidade do polímero com o comportamento intrínseco inerente ao mesmo⁸, em função de diferentes fontes de luz e tempos de ativação. Desta forma foi possível comprovar a eficiência da tecnologia LED na polimerização da resina composta assemelhando-se ao sistema de luz halógena.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para determinar a resistência à tração da resina composta em função do tipo fonte de luz, utilizou-se um aparelho de luz halógena Curing Light 2500 (3M, lote 3017518) com intensidade de luz 670mW/cm² e outro de diodo emissor de luz (LED) Ultraled-Dabi-Atlante (lote 4505H000/6 n.001112) com intensidade de luz 130mW/cm², sendo que, a intensidade de luz emitida por ambas as unidades foi verificada através de um radiômetro comercial (Curing Radiometer Model 100 P/N - 10503/Demetron Research Corp.) imediatamente antes do uso dos aparelhos.

Utilizou-se a resina composta Z250 - 3M, desenvolvida para restaurações de dentes anteriores e posteriores, nas cores A1 e A4. Foram compostos oito grupos com 10 espécimes cada, sendo quatro grupos fotopolimerizados com LH e quatro, com LED. Os tempos de ativação foram de 20s e 40s para a cor A1 e 40s e 80s para a cor A4.

Para confecção dos espécimes, utilizou-se um conjunto de matrizes de aço inoxidável composto de duas partes semelhantes, cada parte apresentando um orifício central cônico com 6,0mm de diâmetro menor e 8,0mm de diâmetro maior e 1,0mm de espessura (Figura 1A). As duas partes das



Figura 2 - Dispositivos para permitir o acoplamento dos corpos de prova na máquina de ensaios.

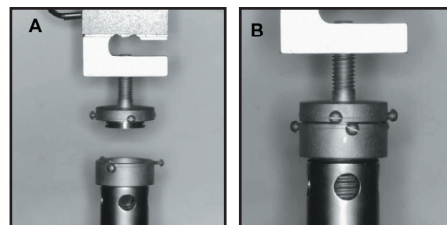


Figura 3 - A: Fixação da porção superior do corpo de prova junto à máquina de ensaio universal. **B:** Visualização completa do acoplamento do corpo de prova junto à referida máquina.

matrizes foram posicionadas uma sobre a outra pela base menor do orifício central e adaptadas a um dispositivo metálico com dimensão exata para acomodar o conjunto de matrizes. Internamente a este dispositivo foi adaptada uma base de acrílico, juntamente com uma matriz de poliéster para evitar a aderência da resina (Figura 1B). A resina composta Z250 foi então inserida (Figura 1C) em incremento único, com auxílio de espátula (Thompson nº 4), adaptando, em seguida uma matriz de poliéster sobre a superfície da resina para regularizar a espessura do material e permitir o contato direto com a fonte de luz do aparelho fotopolimerizador. Realizou-se a polimerização conforme os tempos determinados para os diferentes grupos. Para permitir adequada polimerização dos dois segmentos do conjunto de matrizes, cada porção recebeu metade do tempo estabelecido para cada espécime (Figura 1D).

Os espécimes de cada grupo foram numerados de um a dez, aguardando-se o tempo de dez minutos após a polimerização, para que o conjunto matriz/espécime fosse levado à máquina de ensaios universal Kratos. Para possibilitar o teste de tração, este conjunto foi acoplado a um dispositivo de fixação do corpo de prova (Figura 2) e, em seguida conectado à carga nº2 da máquina de ensaios (Figura 3A). O teste foi realizado (Figura 3B) a uma velocidade de 0,5mm/min até o momento da fratura do espécime, registrando o valor requerido para ruptura.

RESULTADOS

As médias obtidas e desvios padrão das condições avaliadas para a resina Filtek Z250 - 3M encontram-se na Tabela 1 para a cor A1 e na Tabela 2 para a cor A4. As mesmas foram submetidas à análise estatística de variância ANOVA a dois critérios, sendo estes fonte de luz e tempo de ativação. Considerou-se diferença estatística não significativa para $p > 0,05$.

A análise dos resultados mostrou que não houve diferenças estatísticas significantes nos valores de resistência à tração entre as variáveis tempo de exposição e tipo de fonte de luz.

DISCUSSÃO

Esta pesquisa permitiu observar que, diferentes unidades fotopolimerizadoras com intensidades de luz bastante distintas podem proporcionar similar grau de polimerização. JANDT et al.⁵, da mesma forma ao avaliarem comparativamente

aparelhos LED e de LH obtiveram resultados numéricos semelhantes, apesar da intensidade de luz 2,2 vezes menor do aparelho LED em relação ao aparelho de LH. Os autores observaram que a proporção de polimerização aumenta apenas 1,44 vez, quando a intensidade é dobrada. Lembrando-se no entanto que esta relação é válida quando se utilizam dois aparelhos de diferentes intensidades de luz, mas com os demais parâmetros: tempo de ativação, material, diâmetro da ponta ativa do aparelho e espectro de luz emitida mantidos constantes. Já que o espectro de luz emitido entre os aparelhos do tipo LED e LH é notadamente distinto, uma comparação apenas entre intensidade de luz não parece ser correta. Desta forma, os autores salientaram a necessidade de estudos que permitam avaliar de forma equivalente estes parâmetros, ressaltando-se que a avaliação das propriedades mecânicas de materiais polimerizados com LED e LH é mais útil no presente momento. Também esta constatação fundamentou a metodologia eleita nesta pesquisa onde os valores de resistência à tração foram o parâmetro de avaliação comparativa entre a tecnologia LED e de LH.

Não obstante a conceituação de RUEGGEBERG¹⁴ e SUH¹⁹ que estabeleceram o conceito de energia total de polimerização necessária para efetivar a ativação das resinas compostas, por meio do resultado do produto da intensidade de luz com o tempo de ativação, a presente pesquisa não sinalizou para uma relação direta entre a intensidade de luz e tempo de polimerização, uma vez que os grupos polimerizados com o aparelho LED, com intensidade de luz significativamente menor ($130\text{mW}/\text{cm}^2$) e com o aparelho de LH ($670\text{mW}/\text{cm}^2$), mostraram valores similares de resistência à tração.

Sucessivos trabalhos^{1,5,7} demonstram que a relação da qualidade de luz emitida (em nm) parece ter grande importância no potencial de polimerização dos aparelhos. Vários trabalhos que descrevem o êxito do LED na polimerização da resina composta justificam-no pela pureza espectral destes aparelhos, ou seja, estreita extensão de distribuição de comprimento de onda emitido, com pico bem definido perto de 470nm , o ideal para excitar a CQ^{4,5,7,10}. Isto sugere que a luz irradiada pelo LED azul é mais efetiva na polimerização de resinas compostas^{5,6}. Apesar de os valores de intensidade de saída registrados pelo radiômetro serem, muitas vezes, bastante inferiores aos de um aparelho de LH a polimerização ocorre com a mesma efetividade conforme os trabalhos observados na literatura e os resultados obtidos nesta pesquisa. FUJIBAYASHI et al.⁴ compararam a profundidade de polimerização de dois aparelhos tipo LED calibrados para a intensidade de $100\text{mW}/\text{cm}^2$, com emissão de comprimentos de onda distintos ($L1 = 450\text{nm}$ e $L2 = 470\text{nm}$) e um aparelho de LH. O $L2$ apresentou os maiores valores de profundidade de polimerização, justificados, segundo os autores, pela distribuição da energia emitida no espectro de luz quase totalmente na banda entre 430 e 550nm , com pico bem definido e superior aos demais aparelhos ($L1 = 444\text{nm}$; $L2 = 466\text{nm}$; $LH = 484\text{nm}$). Da mesma forma, MILLS; JANDT; ASHWORTH⁷, obtiveram maiores valores de profundidade de polimerização com um conjunto de 25 LEDs, o qual emitia menor intensidade de luz do que o aparelho de LH. A real intensidade emitida dentro da faixa de sensibilização dos materiais fotoativados ($410 - 500\text{nm}$) verificada por meio de fluxo espectral, foi de $276\text{mW}/$

cm^2 para o LED e $388\text{mW}/\text{cm}^2$ para a LH. No entanto 95% da intensidade de luz total emitida pelo LED foi efetivamente aproveitada, pois convenientemente coincidia com o pico de maior absorção para a CQ.

Embora FOWLER et al.³, recomendam o tempo de exposição à luz de 60s com o propósito de compensar a queda nos valores de intensidade de luz para aparelhos de LH, assim como RUEGGEBERG et al.¹⁵ indicaram para aparelhos fotopolimerizadores que apresentam baixa intensidade de luz, os resultados observados neste estudo evidenciam que, para a espessura de 1mm , o tempo de 20s recomendado pelo fabricante para a LH foi efetivo, assim como para o aparelho LED, embora com significativa diferença na intensidade de luz o que explica o total aproveitamento da luz emitida pelo LED. Outro estudo, avaliando grau de conversão, não estabeleceu diferença estatisticamente significante entre um aparelho LED de primeira geração e LH convencional para o tempo de 20s.

A unidade fotopolimerizadora LED usada nesta pesquisa, pertencente à chamada primeira geração de aparelhos LED foi tão efetiva na fotopolimerização quanto a de LH, entretanto a fotopolimerização em incrementos mínimos, sendo 1mm o ideal, deva ser respeitada. A literatura tem mostrado que a tecnologia LED é efetiva na polimerização de espessuras de 2mm quando a unidade envolve um LED que produz maior intensidade de luz significativamente maior do que os aparelhos da primeira geração^{10,12,16,20}, o que aumenta a intensidade de luz emitida e a conseqüente maior profundidade da transmissão luminosa, razão pela qual uma segunda geração de aparelhos LED surgiu com considerável aumento de intensidade de luz emitida. WIGGINS et al.²³, observaram valores de grau de conversão obtidos com um aparelho LED de alta intensidade de luz comparáveis ao de um aparelho de LH também de alta intensidade luminosa.

A especificidade do espectro de emissão de energia de um aparelho LED é determinada pelo material que reveste os semicondutores⁶, o que viabilizou a terceira geração LED, a exemplo do aparelho UltraLume 5 Ultradent²² comercializado no mercado americano e europeu. Trata-se do primeiro aparelho LED a emitir luz em uma faixa do espectro mais extensa que inclui energia até 370nm . Desta forma, a polimerização de resinas compostas ou materiais fotoativados que contenham outros fotoiniciadores, que não a CQ como o fenilpropanodiona (PPD) que necessita energia na faixa de 410nm ¹³ poderá ser efetivada com aparelhos LED.

Face ao exposto os dentistas precisam notar que uma unidade LED de primeira geração, como a usada nesta pesquisa, não será efetiva na fotopolimerização de resinas com componentes iniciadores que necessitam de energia abaixo de 470nm no espectro de luz.

Em que pese a qualidade do compósito formado a partir da fotoativação com LED de primeira geração, as evidências corroboram com a afirmação de NOMOTO⁹ de que a intensidade de luz no comprimento de onda de 470nm é o guia na eficiência da polimerização. Desta forma, a tecnologia LED tem se direcionado para este fim e se mostra cada vez mais eficaz na fotopolimerização das resinas compostas de forma equivalente aos aparelhos de LH e somadas as vantagens citadas da tecnologia LED consolidam a mesma como uma viável opção em aparelhos fotopolimerizadores.

Tabela 1- Valores das médias e desvios padrão de resistência à tração em MPa, para resina composta Filtek Z 250 - 3M na cor A1.

AP	TEMPO	MÉDIAS	dp
LH	20	1.38	0.19
LH	40	1.35	0.24
LED	20	1.27	0.10
LED	40	1.32	0.19

CONCLUSÃO

O aparelho fotopolimerizador LED foi tão efetivo na polimerização da resina composta quanto o aparelho de luz halógena. O aumento do tempo de polimerização não exerceu influência na resistência à tração da resina composta, independente do tipo de aparelho fotopolimerizador e da cor do material.

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a resistência à tração de uma resina composta fotopolimerizável por diferentes fontes de luz e tempos de ativação. Foi utilizado um aparelho de luz halógena Curing Light 2500- 3M (670mW/cm²) e outro do tipo LED Ultraled - Dabi-Atlante (130mW/cm²). Para confecção dos corpos de prova utilizou-se um conjunto de matrizes de aço inoxidável, composto de duas partes, sendo que cada parte apresentava um orifício central cônico com 8,0mm de diâmetro maior e 6,0mm de diâmetro menor e 1,0mm de espessura. Foi utilizada a resina Z250 3M nas cores A1 e A4. Para luz halógena, dois grupos com resina Z-250 na cor A1, com tempos respectivos de 20s (G1) e 40s (G2) e com a cor A4, com tempos de 40s (G3) e 80s (G4). Da mesma forma foi realizado com o aparelho LED, respectivamente para os grupos G5, G6, G7 e G8. Os valores obtidos foram submetidos à análise de variância ANOVA a dois critérios sendo estes, fonte de luz e tempo de polimerização. As médias e desvios padrão foram: G1 – 1.38 ± 0.19; G2 – 1.35 ± 0.24; G3 – 1.39 ± 0.22; G4 – 1.41 ± 0.19; G5 – 1.27 ± 0.10; G6 – 1.32 ± 0.19; G7 – 1.27 ± 0.12; G8 – 1.39 ± 0.28. O aparelho fotopolimerizador LED foi tão efetivo na polimerização da resina composta quanto o aparelho de luz halógena. O aumento do tempo de polimerização não exerceu influência na resistência à tração da resina composta, independente do tipo de aparelho fotopolimerizador e da cor do material.

Palavras-chave: resinas compostas, resistência à tração, luz visível.

SUMMARY

This study aims was to evaluate the tensile strengths of the composite resin using different light units and activation times. A conventional quartz tungsten Halogen Light (HL) unit, Curing Light 2500/3M (670mw/cm²) and a Light Emitting Diode unit (LED) Ultraled Dabi Atlante (130mw/ cm²) were used. In order to obtain the specimens an assembled stainless

Tabela 2- Valores das médias de resistência à tração em MPa e desvios padrão, para resina composta Filtek Z250 na cor A4

AP	TEMPO	MÉDIAS	Dp
LH	40	1.39	0.22
LH	80	1.41	0.19
LED	40	1.27	0.12
LED	80	1.39	0.28

steel matrix was used composed of two parts. Each part of the matrix had a cone shaped central orifice measuring 6.0mm of smaller diameter and 8.0mm of larger diameter with 1.0mm in depth. The composite resin was Filtek Z250 (3M) in A1 and A4 shades. For the HL unit, two groups with the Z250 A1 shade and cure times of 20s(G1) and 40s (G2) and two groups with A4 shade and cure times of 40 s (G3) and 80 s (G4) were used. The same procedures were repeated using the LED photocuring unit for G5, G6, G7 and G8 groups. The obtained values were submitted to a two-way ANOVA analysis: G1 – 1.38 ± 0.19; G2 – 1.35 ± 0.24; G3 – 1.39 ± 0.22; G4 – 1.41 ± 0.19; G5 – 1.27 ± 0.10; G6 – 1.32 ± 0.19; G7 – 1.27 ± 0.12; G8 – 1.39 ± 0.28. The LED unit was as effective in the polymerization of a resin compound as the HL unit. The increase in polymerization time did not exert any influence in the tension resistance of the resin composite, despite the type of photo polymerizing unit and activation times.

Key Words: composite resins, tensile strength, visible light.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BURTSCHER, P.; RHEINBERGER V. Efficiency of LED lights in comparison to halogen lamps [Abstract n.3975]. *J Dent Res.*, 81(Sp. issue): A-486, 2002.
- DUNN, W.J.; VUSH, A.C. A comparison of polymerization by light-emitting diode and halogen-based light-curing units. *J Am Dent Assoc.*, 133(3): 335-41, 2002.
- FOWLER, C.S.; SWARTZ, M.L.; MOORE, B.K. Efficacy testing of visible-light curing units. *Oper Dent.*, 19(2): 47-52, 1984.
- FUJIBAYASHI, K.; ISHIMARU, K.; TAKAHASHI, N.; KAHNO, A. Newly developed curing unit using blue light-emitting diodes. *Dent Jpn.*, 34: 49-53, 1988.
- JANDT, K.D.; MILLS, R.W.; BLACKWELL, G.B.; ASHWORTH, S.H. Depth of cure and compressive strength of dental composites cured with blue light emitting diodes (LEDs). *Dent Mater.*, 16(1): 41-7, 2000.
- MC CABE, J.F.; CARRICK, T.E. Output from visible-light activation units and depth of cure of light-activated composites. *J Dent Res.*, 68(11): 1534-9, 1989.
- MEDEIROS, I.S. **Dispositivos LED para polimerização de resinas compostas dentais: comparação com outras fontes de luz.** São Carlos; 2001. Mestrado - Interunidades em Ciências e Engenharia de Materiais. Escola de Engenharia de São Carlos, Instituto de Física de São Carlos, Instituto de Química de São Carlos. São Carlos. Universidade de São Paulo.
- MILLS, R.W.; JANDT, K.D.; ASHWORTH, S.H. Dental composite depth of cure with halogens and blue light emitting diode technology. *Br Dent J.*, 186(8): 388-91, 1999.
- MIYAZAKI, M.; OSHIDA, Y.; MOORE, B.K.; ONOSE, H. Effect of light exposure on fracture toughness and flexural strength for light-cured composites. *Dent Mater.*, 12(6): 328-32, 1996.
- NAKAMURA, S.; SENO, M.; IWASA, N.; NAGAHAMA, N.S. High-power InGaN single-quantum-well-structure blue and violet RGO, P. Alegre, v. 54, n. 2, p. 129-133, abr./jun.

light-emitting-diodes. **Appl Phys Lett.**, 67(13): 1868-70, 1995.

11. NOMOTO, R. Effect of light wavelength on polymerization of light-cured resins. **Dent Mater.**, 16(1): 60-73, 1997.

12. NOMURA, Y. et al. Thermal analysis of dental resins cured with blue light-emitting diodes (LEDs). **J Biomed Mater Res.**, 63(2): 209-13, 2002.

13. PARK, S.H.; KREFCI, I.; LUTZ, F. Microhardness of resin composites polymerized by plasma arc or conventional visible light curing. **Oper Dent.M.**, 27(1): 30-7, 2002.

14. PARK, Y.J.; CHAE, K.H.; RAWLS, H.R. Development of a new photoinitiation system for dental light-cure composite resins. **Dent Mater.**, 15(1): 120-27, 1999.

15. RUEGGEBERG, F.A. Contemporary Issues in photocuring. **Compend Suppl 20** (Supl n.25): 4-5, 1999.

16. RUEGGEBERG, F.A.; CAUGHMAN, W.F.; CURTIS, J. W. Jr. Effect of light intensity and exposure duration on cure of resin composite. **Oper Dent.**, 19(1): 26-32, 1994.

17. RUEGGEBERG, F.A. **Evaluation of the Ultralume 2 LED curing light.** Augusta, GA: Medical College of Georgia; 2002.

18. SHORTALL, A.; HARRINGTON, E. Effect of light intensity on polymerization of three composite resins. **Eur J Prosthodont Restor**

Dent., 4(2): 71-6, 1996.

19. STAHL, F. et al. Light-emitting diode (LED) polymerization of dental composites: flexural properties and polymerization potential. **Biomaterials.**, 21(13): 1379-85, 2000.

20. SUH, B.I. Controlling and understanding the polymerization shrinkage induced stresses in light cured composites. **Compend.**, 20(Suppl.25): 34-41, 1999.

21. TAIRA, M. et al. Analysis of photo-initiators in visible-light-cured dental composite resins. **J Dent Res.**, 67(1): 24-8, 1988.

22. TONIOLI, M. et al. Depth of cure comparison of LED, plasma Arc, and QTH curing lights [Abstract n.0490]. **J Den Res.**, 81(Sp. issue): A-86, 2002.

23. Ultra Lume 5. Dentistry's first 3rd generational LED curing light. Professor Frederick A. Rueggeberg. Ultradent Products, INC. 505 West 10200 South Jordan, UT 84095 USA

24. WIGGINS, K.M. et al. Curing performance of a new-generation light-emitting diode dental curing unit. **J Am Dent Assoc.**, 135(10): 1471-9, Oct, 2004.

25. YEARN, J.A.; MACCLESFIELD, U.K. Factors affecting cure of