

PROFUNDIDADE DE POLIMERIZAÇÃO DE RESINAS HÍBRIDA, MICRO E NANOPARTICULADAS UTILIZANDO LUZ HALÓGENA OU LED DE SEGUNDA GERAÇÃO.

CURING DEPTH OF HYBRID, MICROFILLED AND NANOFILLED COMPOSITES CURED WITH HALOGEN LIGHTS OR SECOND GENERATION LED.

Lawrence Gonzaga **LOPES***, João Batista de **SOUZA****, Flávia Reis de **ANDRADE*****, Priscilla Raquel **FERREIRA******, Gersinei Carlos de **FREITAS*******, Willian **BARNABÉ*******, Bruno Barbosa **CAMPOS*******

* Doutor em Dentística pela USP-Bauru; Professor Adjunto do Departamento de prevenção e reabilitação oral da Faculdade de Odontologia da UFG

** Doutor em dentística pela USP-Bauru; Professor Adjunto do Departamento de prevenção e reabilitação oral da Faculdade de Odontologia da UFG

*** Cirurgiã-Dentista graduada pela UCB-DF; Mestranda em clínica odontológica pela UFG

**** Cirurgiã-Dentista graduada pela UCB-DF

***** Doutor em Materiais Dentários pela UNICAMP- Piracicaba; Professor Adjunto do Departamento de Prevenção e Reabilitação Oral da Faculdade de Odontologia da UFG

***** Doutor em reabilitação oral pela USP-Bauru; Professor Adjunto do Departamento de prevenção e reabilitação oral da Faculdade de Odontologia da UFG

***** Mestre em Dentística pela USP-Bauru; Professor da disciplina de Dentística da UNIP-GO

Endereço para correspondência: Lawrence Gonzaga Lopes, Praça Universitária esq. com a 1ª avenida s/n, Faculdade de Odontologia, DPRO, CEP- 74605-220- Goiânia – GO, Tel: + 55 14 3209-6050, FAX: +55 14 3521-1882, e-mail: drlawrenceg@yahoo.com.br

RELEVÂNCIA CLÍNICA

O estudo do grau de polimerização se fundamenta na demonstração de dados que podem se correlacionar com as propriedades físicas e mecânicas. A resina composta, no ambiente adverso da cavidade bucal necessita de excelentes propriedades, que estão relacionadas com sua composição e grau de polimerização, visando um comportamento clínico satisfatório.

RESUMO

As propriedades físicas e biológicas das resinas compostas vêm sendo otimizadas com a adoção de um adequado protocolo de polimerização. Neste contexto, novas tecnologias surgiram como opções dentre os diversos sistemas disponíveis. Desta maneira, objetivou-se analisar, por intermédio de teste de profundidade de polimerização, resinas compostas híbrida (Z100), microparticulada (Filtek A110) e de nanopartículas (Filtek Supreme), quando fotoativadas com Luz Visível Convencional e LED de segunda geração. Para tanto, foram confeccionados dez corpos-de-prova padronizados para cada condição, a partir da inserção da resina em uma matriz de aço (10mm de altura X 5mm de diâmetro). Os espécimes foram submetidos ao teste de raspagem da porção não polimerizada, obtendo-se os valores de profundidade de polimerização conforme norma da ISO n.4049. Os dados obtidos (mm) com luz halógena, Z100- 2,27±0,23; A110- 2,42±0,18; Filtek Supreme- 2,48±0,37, e os obtidos com o LED, Z100- 2,45±0,18; A110- 2,05±0,10; Filtek Supreme- 2,45±0,20, foram submetidos à análise de variância, seguido pelo teste de Tukey (p=0,05). Dados concludentes suscitaram não haver diferenças estatisticamente significantes entre as fontes de luz para Filtek Supreme e Z100, exceto para a resina A110, cujos valores revelaram-se menores para o LED. Portanto, o uso da fonte LED foi viável para as resinas Z100 e Filtek Supreme.

PALAVRAS-CHAVE: Resina composta; polimerização; LED.

ABSTRACT

The physical and biological properties of the composite resins have been improved with an adequate polymerization protocol of application. Thus, new technologies became as options among the others curing units. The aim of this study was to evaluate the cure depth using a standardised technique (ISO 4049) of different composite, hybrid (Z100), microfilled (A110) and nanofilled (Filtek Supreme), when photo-cured with conventional visible light and second generation LED. Ten specimens per group were prepared by insertion of composite into a cylindrical steel matrix (10mm depth X 5mm diameter). The specimens were submitted to scraping test to remove uncured material, resulting in the depth of cure values according to ISO 4049 specification. The data obtained (mm) by halogen light, Z100- 2.27 ± 0.23 ; A110- 2.42 ± 0.18 ; Filtek Supreme- 2.48 ± 0.37 , and by LED unit, Z100- 2.45 ± 0.18 ; A110- 2.05 ± 0.10 ; Filtek Supreme- 2.45 ± 0.20 , were performed using two way ANOVA e Tukey test ($p=0.05$). There were not significant differences between light units for Z100 and Filtek Supreme, except A110 composite resin when cured by LED unit, which demonstrated the lowest results. Hence, the LED unit was viable for Z100 and Filtek Supreme.

KEYWORDS: Composite resin; polymerization; LED.

INTRODUÇÃO

A maior longevidade clínica das restaurações adesivas está vinculada de maneira indelével com a adoção de um adequado protocolo de polimerização^{5,13,17}. Reduções das propriedades biomecânicas são indicativas de uma menor extensão do grau de conversão, traduzido pela presença excessiva de monômeros residuais^{1,3,4,7,18}. A composição das resinas compostas associada com as características da unidade fotopolimerizadora, tais como densidade de potência e comprimento de onda da luz, constituem fatores que concorrem para obtenção de adequados valores de cura.

A eficácia do sistema de polimerização baseado em lâmpadas halógenas (LH) é amplamente relatada e pouco contestada^{10,26,33}. Outrossim, há limitações no tocante à durabilidade e produção de calor neste tipo de aparelho. A deterioração gradativa do bulbo, refletor e filtro, conjugada com a indiligência dos profissionais em realizar a manutenção e a monitorização periódica da energia luminosa emitida, corroboram para que apresentem freqüentemente uma irradiância muitas vezes inferior à média preconizada de 300 mW/cm^2 ²⁶.

Objetivando minimizar tais desvantagens, têm-se proposto novas tecnologias, como os aparelhos à base de LED (luz emitida por diodo), os quais aparecem como uma promissora opção dentre as disponíveis atualmente⁷. A luz fria e azul, ideal para a polimerização, é gerada por

dispositivos semicondutores de In-Ga-N (Índio-Gálio-Nitrogênio), os quais, quando submetidos a uma determinada corrente elétrica, produzem um fluxo luminoso dentro do espectro de absorção máxima da molécula fotoiniciadora (canforquinona) constituinte da maioria das resinas¹.

Entretanto, apesar das pesquisas desenvolvidas, a sua viabilidade na cura de compósitos permanece controversa. Estudos têm enfatizado que os primeiros aparelhos a base de LED apresentam reduzida capacidade de ativação em função de sua baixa densidade de potência, visto que há uma relação de proporcionalidade entre intensidade luminosa e a extensão de cura^{13,22}. Contudo, a despeito da falta de homogeneidade nas conclusões obtidas, há evidências científicas que o caracterizam como uma alternativa viável para a efetivação da polimerização^{4,9,22,23}. Dentro desta perspectiva, a evolução tecnológica aplicada aos aparelhos de LED correspondeu a uma melhoria significativa na qualidade do processo de polimerização^{14,22,31}. Credita-se tal assertiva ao aumento da densidade de potência, semelhante ao da lâmpada halógena, quando comparado com o LED da primeira geração. Este é baseado em um conjunto de LEDs, em oposição as mais recentes unidades fotopolimerizadoras, representantes da segunda geração, as quais dispõem de apenas um LED com maior potência^{14,31,32}.

Além disso, diversos materiais têm sido

lançados no mercado com diferentes formulações, como resinas híbridas, de micropartículas e, mais recentemente, de nanotecnologia, implicando em diferentes propriedades físicas e mecânicas¹⁵. O grau de conversão difere entre os materiais, especialmente pela variação encontrada na concentração de partículas de carga, no formato e disposição das mesmas, assim como pela constituição da matriz orgânica^{15,20}.

Isto posto, por intermédio do teste indicado pela norma n. 4049 da ISO (International Organization for Standardization)¹⁹, foi avaliado a profundidade de polimerização alcançada por três tipos de resinas compostas (híbrida, micro e nanopartículas) quando fotoativadas com luz visível convencional e LED.

MATERIAL E MÉTODOS

As informações relativas aos equipamentos e materiais utilizados no estudo estão sumarizadas na Tabela 1. Para avaliação da profundidade de polimerização foi utilizada neste estudo a técnica preconizada pela ISO (4049:1988)¹⁹. Para obtenção dos espécimes de resina composta, utilizou-se uma matriz cilíndrica de aço inoxidável^{2,30}, a qual não permite a difusão de luz, apresentando um orifício central com 5 mm de diâmetro e 10 mm de profundidade.

Procedeu-se à inserção do material restaurador na matriz supracitada até o preenchimento total do orifício, mantendo-a sobre uma placa de vidro. A porção superior foi protegida com fita plástica transparente a fim de pressionar a resina composta e obter uma superfície plana. Em seguida a fotopolimerização, para cada resina composta, foi realizada por um tempo de exposição de 40 segundos, conforme delineamento experimental: Z100-LH; Z100-LED, A110-LH; A110-LED; Filtek Supreme(FS)-LH; FS-LED, sob temperatura de 22°C. Este procedimento foi realizado com a ponteira do aparelho fotopolimerizador posicionada em íntimo contato com a fita plástica e perpendicular à superfície da resina composta. Dez espécimes foram confeccionados para cada condição, totalizando seis grupos. Monitorou-se a irradiância dos aparelhos por meio do uso de um radiômetro (Demetron Research Corporation), no início da

confeção dos espécimes e ao final da obtenção de cada grupo. Neste direcionamento, os aparelhos fotopolimerizadores foram sempre utilizados conectados a um estabilizador de voltagem.

Os espécimes de resina foram removidos da matriz após o processo de polimerização, sendo que, em seguida, a porção não polimerizada da superfície oposta à fonte de luz foi raspada e eliminada, utilizando uma espátula de plástico. A altura do espécime remanescente polimerizado foi medida com um paquímetro digital (Mitutoyo, Japão, com exatidão 0,01mm), posicionado sempre no centro do mesmo. O valor da profundidade de polimerização foi obtido a partir da divisão por dois (50%) da altura do remanescente polimerizado^{2,11,30}. Cada amostra foi medida três vezes e o valor médio destas leituras foi utilizado para a obtenção e determinação da profundidade de polimerização.

Desta forma, os dados foram tabulados e as médias obtidas de cada grupo foram submetidas à análise de variância a dois critérios (ANOVA) para o fator resina e fonte de luz, seguido pela teste de Tukey ($p=0,05$) para múltiplas comparações.

RESULTADOS

As médias dos valores de profundidade de polimerização com os respectivos desvios padrão encontram-se na Tabela 2. A análise de variância a dois critérios exibiu diferenças no fator resina e no fator fonte de luz ($p=0,01$). Assim, o teste de Tukey foi aplicado para observar estas diferenças ($p=0,05$).

A profundidade de polimerização produzida pela luz halógena não foi diferente estatisticamente entre as três resinas avaliadas. Por outro lado, com o uso do LED foram observadas diferenças significativas, na qual a resina A110 demonstrou as menores médias de profundidade de polimerização, quando comparada com as demais ($Z100 \sim FS > A110$).

Quanto ao desempenho das unidades fotopolimerizadoras, foi observado para as resinas Z100 e Filtek Supreme, valores estatisticamente semelhantes entre a luz halógena (LH) e a fonte LED. Para a resina A110, a luz halógena proporcionou valores de profundidade de polimerização estatisticamente

Tabela 1 - Descrição dos materiais e equipamentos utilizados no experimento

Material	Característica	Cor/	Densidade de potência	Fabricante	Composição
Filtek A110	Micropartículas	A2	-	3M	Bis-GMA, TEGDMA; Sílica coloidal (0,04µm)
Z100	Híbrida	A2	-	3M	Bis-GMA, TEGDMA; Zircônia e Sílica (0,6µm)
Filtek Supreme	Nanopartículas	A2	-	3M	Bis-GMA, BIS-EMA, UDMA, TEGDMA; nanosílica (20 nm) + nanoaglomerados Zircônia/sílica (5-20nm)
Optilight	Luz Halógena	-	700 mW/cm ²	Gnatus	-
Ultrablue	LED	-	600 mW/cm ²	DMC	-

Tabela 2 - Médias (mm) e desvios padrão da profundidade de polimerização alcançada nos diferentes grupos experimentais

Fonte polimerizadora	Resinas compostas	Z100	A110	Filtek Supreme
Luz halógena (LH)		2,67±0,23 ^a	2,42±0,18 ^a	2,48±0,37 ^a
LED		2,45±0,18 ^a	2,05±0,10 ^b	2,45±0,20 ^a

*Letras semelhantes indicam ausência de diferenças estatisticamente significantes (p=0,05)

superiores ao LED.

DISCUSSÃO

A abordagem metodológica adotada é relatada em estudos anteriores^{11,28,30,24}, caracterizando-se em um instrumento válido e tido como padrão para análises que versam a respeito da profundidade de polimerização de resinas compostas.

Quando se trata de propriedades físicas e mecânicas dos materiais a base de resina é necessário que sejam consideradas as peculiaridades inerentes ao compósito utilizado. Tal assertiva é concordante com os achados de Cook⁸ (1980), o qual enfatizou que a maior concentração do inibidor na composição das resinas compostas ativadas por luz ultravioleta reduz a profundidade de polimerização, corroborando com Tirtha et al.²⁹ (1992), os quais afirmaram que o tipo e a concentração do sistema ativador/iniciador são determinantes para a polimerização.

Quanto aos outros aspectos, que são igualmente importantes, Watts et al.³⁴ (1984) atribuíram aos pigmentos utilizados nas resinas de maior croma a responsabilidade pela menor profundidade de polimerização apresentada por estes materiais. Justificaram que os corantes absorvem a energia luminosa durante propagação através do incremento, minimizando paulatinamente a transmissão e conseqüentemente interferindo na reação de cura mediante maiores espessuras. Diante desta constatação, convencionou-se o mesmo matiz e croma para todos os materiais utilizados no presente estudo.

Outro fator a ser salientado para o entendimento do processo de fotopolimerização é que os compósitos devem receber uma efetiva incidência de luz visível com um apropriado comprimento de onda e intensidade suficiente. Permeados por esta concepção, Franco et al.¹³ (1997) relacionaram profundidade de polimerização com intensidade de luz, munidos de metodologia próxima à deste experimento. Os dados não revelaram diferenças estatisticamente significantes entre aparelhos fotopolimerizadores com densidade de potência entre 100 a 500 mW/cm², demonstrando a importância dos aparelhos estarem emitindo energias luminosas com adequados

comprimentos de onda.

Os sistemas à base de LEDs (luz emitida por diodo), apesar de ter apresentado no passado uma baixa densidade de potência, representam hoje uma opção segura para fotopolimerização de resinas compostas, emitindo energia com adequado comprimento de onda. Estes apresentam vantagens em relação ao sistema que emprega luz halógena, como: emissão de luz visível próxima ao pico de absorção da canforaquinona (CQ); baixa emissão de calor; uso de aparelhos com tamanho reduzido e que, além disso, podem ser operados com bateria, resistente a choques e vibrações, não apresenta sistema de ventilação e possui uma indefinida longevidade da fonte de luz^{14,21}. Com a evolução tecnológica, os fabricantes aperfeiçoaram esta modalidade de aparelho de forma a aumentar sua potência (2ª geração), reduzindo possíveis implicações na profundidade de cura nas diversas situações clínicas^{2,31,32}. Desta forma, pesquisas que busquem caracterizar sua eficiência, especialmente com diferentes resinas compostas, se mostram meritorias para produzir evidências científicas destas recentes tecnologias.

A literatura tem demonstrado que o índice de refração e o tamanho das partículas de carga interferem sobremaneira na dispersão da luz e, conseqüentemente, na profundidade de polimerização e grau de conversão^{1,16,20,27}.

Foi observado nos resultados deste estudo que as fontes de luz convencional e LED apresentaram resultados similares para as resinas Z100 e Filtek Supreme. Contrariamente, a fonte LED proporcionou para resina A110 (microparticulada), em comparação com a luz halógena, valores significativamente menores de profundidade de polimerização. Por um primeiro plano de reflexão, pode-se pautar nas evidências já existentes na literatura que demonstram que as resinas de micropartículas, em termos comparativos com outras, apresentam valores inferiores de profundidade de cura, uma vez que existe uma dispersão da luz em função do tamanho e formato da sílica coloidal presente nesta resina composta, reduzindo assim sua penetração no material^{12,20}. Adicionalmente, Beun et al.⁶ relataram que a dificuldade na obtenção de uma polimerização uniforme em resinas de micropartículas está provavelmente em função da presença de

partículas pré-polimerizadas na composição das mesmas. No entanto, este fato só foi observado com o uso da fonte de luz a base de LED, demonstrando que esta é mais sensível à variação de composição do material. Por outro lado e baseado nesta teoria supracitada, poderia ser inferido que tal fenômeno ocorresse também nas resinas de nanopartículas. No entanto, os dados encontrados demonstraram que a resina Filtek Supreme (nanopartículas) apresentou valores de profundidade de polimerização semelhantes ao da resina Z100, independente da fonte de luz utilizada (LED e LH). Corroborando com estes resultados, Beun et al.⁶ estudando o comportamento de diferentes resinas compostas, dentre elas a Filtek Supreme e a Z100, também observaram uma proximidade entre as mesmas, quanto ao grau de conversão, na fotoativação com as fontes a base de LED e LH.

As limitações do presente estudo se referem à utilização de apenas uma marca comercial de aparelho de fonte de luz, uma vez que existem variações na montagem dos mesmos entre fabricantes. Apesar do teste utilizado para determinação da profundidade de polimerização ser baseado em uma norma internacional, outros métodos que avaliam o grau de conversão e a densidade de ligação cruzada de polímeros, ou mesmo ensaios clínicos, poderiam caracterizar de forma mais efetiva a condição e o comportamento do material após sua ativação. Entretanto, os dados obtidos neste estudo representam resultados iniciais que podem evidenciar cientificamente uma fotopolimerização adequada dentro dos parâmetros estudados.

Contudo, o profissional deve-se conscientizar da necessidade do entendimento sobre as características dos diferentes sistemas comercialmente disponíveis para fotoativação de materiais resinosos, tais como: comprimento de onda; densidade de potência; presença ou não de filtros; tempo de vida útil do aparelho; tipo de manutenção; e suas vantagens e desvantagens. Esta necessidade se justifica pelo fato destes fatores apresentarem influência direta na profundidade de polimerização das resinas compostas. Da mesma forma, fica claro a influência da composição no processo de polimerização de materiais resinosos, tornando-se indispensável o conhecimento básico das

mesmas.

CONCLUSÃO

Coerente com os resultados, concluiu-se que:

1. A fonte a base de LED foi comparável à luz convencional halógena para as resinas compostas Z100 e Filtek Supreme.
2. A resina A110 (micropartículas) demonstrou os menores valores de profundidade de polimerização com o uso do LED.
3. Não obstante as variações na profundidade de polimerização, os valores observados, na totalidade dos grupos, superaram a espessura mínima (2mm) preconizada na prática clínica.

REFERÊNCIAS

- 1 - Araujo RM, Araujo MAM, Mendes AJD. Influência da intensidade de luz de fotopolimerizadores na infiltração marginal. *Rev Ass Paul Cirur Dent.* 1996; 50 (5): 408-13.
- 2 - Aravamudhan K, Rakowski D, Fan PL. Variation of depth of cure and intensity with distance using LED curing lights. *Dent Mater.* 2006; 22 (11): 988-994.
- 3 - Asmussen E. Clinical relevance of physical, chemical and bonding properties of composite resins. *Oper Dent.* 1985; 10 (2):61-73.
- 4 - Asmussen E. Restorative resins: hardness and strength us quantity of remaining double bonds. *Scand J Dent Res.* 1982; 90 (6): 484-89.
- 5 - Bayne SC, Heymann HO, Swift E J Jr. Update on dental composite restorations. *J Am Dent Assoc.* 1994; 125 (6): 687-701.
- 6 - Beun S, Glorieux T, Devaux J, Vreven J, Leloup G. Characterization of nanofilled compared to universal and microfilled composites. *Dent Mater.* 2007; 23 (1): 51-59.
- 7 - Caughman WF et al. Correlation of cytotoxicity, filler loading and curing time of dental composites. *Biomaterials* 1991; 12 (8): 737-740.
- 8 - Cook WD. Factors affeting the depth of cure of UV-polymerized composites. *J Dent Res.* 1980; 59 (5): 800-8.
- 9 - De Wald JP, Ferracane JL. A comparison of four modes of evaluating depth of cure of light-activated composites. *J Dent Res.* 1987; 66 (3): 727-30.

10 - Dunn WJ, Buskal CB. A comparison of polymerization by light-emitting diode and halogen-based light-curing units. *J Am Dent Assoc.* 2002; 133 (3): 335-41.

11 - Fan PL, Schumacher RM, Azzolin K, Geary R, Eichmiller FC. Curing-light intensity and depth of cure of resin-based composites tested according to international standards. *J Am Dent Assoc.* 2002; 133 (4): 429-34.

12 - Ferracane JL, Aday P, Matsumoto H, Markerer VA. Relationship between shade and depth of cure for light-activated dental composite resins. *Dent Mater.* 1986; 2 (2): 80-4.

13 - Franco EB, et al. Interaction of light intensity, depth of cure and curing units. *J Dent Res* 1997; 76: 324.

14 - Franco EB, Lopes LG. Conceitos atuais na polimerização de sistemas restauradores resinosos. *Biodonto* 2003; 1 (2): 6-61.

15 - Franco EB, Lopes LG, Mondelli RFL, Lauris JRP. Evaluation of the effect of cavity configuration factor on the marginal microleakage of esthetic restorative materials. *Am J Dent.* 2003; 16 (3): 211-4.

16 - Fujita K, Nishiyama N, Nemoto K, Okada T, Ikemi T. Effect of base monomer's refractive index on curing depth and polymerization conversion of photo-cured resin composites. *Dent Mater J.* 2005; 24(3): 403-8.

17 - Hansen EK, Asmussen E. Correlation between depth of cure and surface hardness of a light activated resins. *Scand J Dent Res.* 1993; 101 (3): 62-64.

18 - Inoue K, Hayashi I. Residual monomer (Bis-GMA) of composite resins. *J Oral Rehabil.* 1982; 9 (6):493-497.

19 - International Organization for standardization. ISO 4049. Resin-based filling materials, *Int Stand Org.* 1988.

20 - Leonard DL, Charlton DG, Roberts HR, Hilton TJ, Zionica. Determination of the minimum irradiance required for adequate polymerization of a hybrid and microfill composite. *Oper Dent.* 2001; 26 : 176-80.

21 - Leonard, D, Charlton, DG. LED curing lights. *J Esthet Rest Dent.* 2002; 14 (4): 206-07.

22 - Lopes LG, Franco EB, Neto AN, Herrera FS, Kurachi C, Espinosa-Castañeda JC, Lauris JRP. Polymeriation of a dual-cured cement through ceramic: led curing light vs halogen lamp. *J Appl Oral Sci.* 2004; 12 (4):312-16.

23 - Manga RK, Charlton DG, Wakefield CW. In

vitro evaluation of a curing radiometer as a predictor of polymerization depth. *Gen Dent* 1995; 43 (3): 241-3.

24 - Nomoto R, Asada M, McCabe JF, Hirano S. Light exposure required for optimum conversion of light activated resin systems. *Dent Mater.* 2006; 22 (12): 1135-42.

25 - Rahiotis C, Kakaboura A, Loukidis M, Vougiouklakis G. Curing efficiency of various types of light-curing units. *Eur J Oral Sci.* 2004; 112 (1): 89-94.

26 - Rueggeberg FA, Caughman WF, Curtis Jr JW. Effect of light intensity and exposure duration on cure of resin composite. *Oper Dent.* 1994; 19 (1): 26-32.

27 - Ruyter IE, Oysaed H. Conversion in different depths of ultraviolet and visible light activated composite materials. *Acta Odont Scand.* 1982; 40(3): 179-92.

28 - Soh MS, Yap AUJ, Siow KS. Comparative depths of cure among various curing light types and methods. *Oper Dent.* 2004; 29 (1): 9-15.

29 - Tirtha R, et al. In vitro depth of cure of photo-activated composites. *J Dent Res.* 1992;61(10): 1184-7.

30 - Tsai PCL, Meyers IA, Walsh LJ. Deph of cure and surface microhardness of composite resin cured with blue LED curing lights. *Dent Mater.* 2004; 20 (1): 364-9

31 - Uhl A, Sigusch BW, Jandt KD. Second generation LEDs for the polymerization of oral biomaterials. *Dent Mater.* 2004; 20 (1): 80-7.

32 - Vandewalle KS, Roberts HW, Andrus JL, Dunn WJ. Effect of light dispersion of LED curing lights on resin composite polymerization. *J Esthet Rest Dent.* 2005; 17(4):244-54.

33 - Vargas MA, Cobb DS, Schnit JL. Polymerization of Composite Resins: argon laser vs luz convencional. *Oper Dent.* 1998; 23 (2): 87-93.

34 - Watts DC, Amar O, Combe EC. Characteristics of visible-light-activated composite systems. *Brit Dent J.* 1984; 156 (6): 209-15.