



Novas Fontes de Polimerização

Efeito da Luz Halógena e Led's na Microdureza de Resinas Compostas

INTRODUÇÃO

Um dos fatores importantes para o sucesso de uma restauração estética é a fotopolimerização completa e eficaz. Existem no mercado odontológico vários tipos de aparelhos fotopolimerizadores, desde o mais convencional e mais usado à base de luz halógena até o mais recente sistema de LEDs (diodo emissor de luz). Com essa nova fonte de luz espera-se obter propriedades mecânicas superiores à fonte de luz convencional, pois pressupõe-se que ela seja eficiente para tal fim. Estes aparelhos diferenciam-se pelo tipo de fonte de luz azul utilizada, variação no intervalo do comprimento de onda, tipo de pulso e intensidade de luz. Tudo isto deixa o profissional de odontologia indeciso na hora de adquirir um aparelho que satisfaça as necessidades do processo de polimerização das resinas compostas.

As resinas compostas fotopolimerizáveis pelo sistema de luz visível superaram os materiais resinosos de polimerização química e os de sistema de luz ultravioleta, consagrando-se como material restaurador estético amplamente utilizado. O componente fotossensível destas resinas, a canforoquinona, precisa do comprimento de onda de 470nm para ser totalmente ativada, o que corresponde à faixa azul do espectro de luz visível¹. Alguns sistemas de LEDs apresentam emissão de luz com comprimento de onda entre 450 e 490nm com um pico de emissão em 460nm, muito próximo, portanto, da absorção máxima da canforoquinona.

Os valores médios de microdureza mostram-se inversamente proporcionais à espessura da resina composta, bem como à distância da fonte de luz ao material restaurador. Portanto, preconiza-se a espessura máxima de 2mm de resina composta por incremento para uma fotopolimerização completa^{11, 22, 28, 29, 30}.

A adequada polimerização é um dos principais fatores que garantem o sucesso de uma restauração estética^{2, 5, 7, 11, 14, 17, 21, 23, 26, 27, 28, 35, 36}.

Uma fonte luminosa é clinicamente aceitável quando cumpre certos requisitos: deve polimerizar os materiais restauradores em até 40 segundos para produzir dureza superficial adequada, baixo nível de contração de polimerização e baixa produção de calor para prevenir dano térmico à polpa dental¹⁶. Diversos fatores controlam a fotopolimerização: a composição e o matiz da resina composta, o comprimento de onda emitido pelo aparelho de luz, a distância da luz ao material, a intensidade da luz e o tempo de irradiação⁶.

A falta de manutenção dos aparelhos fotopolimerizadores e a falta de desinfecção das suas pontas de fibra ótica podem promover uma polimerização inadequada das resinas compostas^{8, 14, 18, 27}.

Portanto, as revisões periódicas dos aparelhos fotopolimerizadores são necessárias para evitar perda de rendimento clínico^{19, 20, 28, 32}.

O escurecimento da lâmpada halógena, a degradação do filtro de luz, o sistema de refrigeração alterado, a ruptura dos feixes de fibra ótica e resíduos de material

- Stella Kossatz Pereira

Professora Adjunto Doutora de Dentística Restauradora da FO/Ponta Grossa/UEPG-PR

- Alessandra Nara de Souza Rastelli

Mestre e Doutora em Dentística Restauradora pela FO/Araraquara/UNESP

- Camila Domanski De Souza

- Dinakel Bortoli

Formandas do curso de Odontologia da FO/Ponta grossa/UEPG-PR

Os AA avaliam a capacidade de fotopolimerização das resinas por meio de duas fontes de luz: foto tradicional (de luz halógena) e LED's



Fig. 1A: Resina composta híbrida Charisma (Heraeus-Kulzer) na cor A3.



Fig. 1B: Resina composta de alta densidade Filtek™P60 (3M) na cor A3.



Fig. 2: Aparelho fotopolimerizador à base de luz halógena Ultralux (Dabi Atlante).

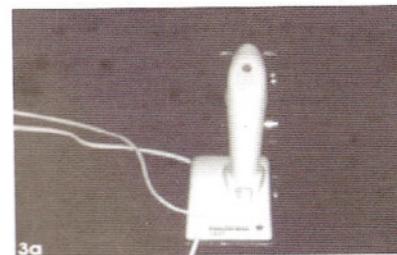


Fig. 3A: Aparelho fotopolimerizador com sistema de LED's Ultraled (Dabi Atlante).

na ponta ativa do cabo condutor de luz são algumas consequências da falta de manutenção dos aparelhos fotopolimerizadores. Por isso, segundo PEREIRA et al., 1996²⁷, alguns cuidados periódicos devem ser adotados, como: usar radiômetro para medir a intensidade de luz, desinfetar a ponta ativa do cabo de luz com gaze umedecida em álcool 70%, fazer limpeza interna, avaliar a fibra ótica e repor as partes constituintes do aparelho quando necessário.

A lâmpada halógena é a única fonte luminosa comercialmente avaliada como um efetivo fotopolimerizador, funcionando por um sistema de bulbo halógeno combinado por filtros de banda que permitem a emissão de luz azul em um intervalo entre 410 e 500 nm, porém sua desvantagem é a promoção de calor durante sua utilização¹. Em contrapartida, o sistema de LEDs é um dispositivo muito compacto, de baixa voltagem, vida útil longa, dispensa o uso de filtros e pode emitir um comprimento de onda específico, pois os LEDs são formados por uma combinação de semi-condutores de InGaN (nitrito de gálio) que emitem luz e não são formados por filamentos que aquecem¹⁶.

O sistema de LEDs possui algumas vantagens em relação à luz halógena como: não causa alteração térmica da resina composta e da estrutura dental, possui maior seletividade da luz, maior tempo de vida útil e relação custo/benefício mais baixo^{10, 15, 16, 34, 36}. Afirma-se que a vida útil dos sistemas de LEDs é de mais de 10.000 horas³³ enquanto que os bulbos de halogênio têm vida útil aproximada de 100 horas¹².

KURACHI et al., 2000¹⁶ e DUNN & BUSH, 2002⁴ afirmaram que apesar do pico de emissão da luz emitida pelo sistema de LEDs coincidir com o pico de absorção da canforoquinona, a sua intensidade luminosa ainda é inferior em relação à luz halógena.

A eficiência da fonte de luz é um dos fatores que influenciam no processo de polimerização das resinas compostas dentais e, conseqüentemente nas propriedades físico-químicas do material. Porém, a potência obtida por um único LED não supera o valor de 5 mW/cm², tornando o processo de cura extremamente lento¹⁶. Para tornar viável o uso clínico do sistema de LEDs azul é necessário que seja desenvolvido um dispositi-

vo com maior intensidade luminosa, diminuindo o tempo necessário para a obtenção de uma polimerização adequada.

Os sistemas de LEDs têm sido bastante comercializados, mas as pesquisas não determinaram se essa tecnologia está desenvolvida o suficiente para substituir os aparelhos de luz halógena⁴.

O objetivo deste trabalho é avaliar a capacidade de fotopolimerização de duas fontes distintas de luz aplicadas em dois materiais restauradores diretos. Ou seja, avaliar a capacidade de dois fotopolimerizadores em converter monômeros em polímeros usando como meio de análise a microdureza superficial dos materiais após a sua polimerização.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais selecionados foram duas resinas compostas: híbrida Charisma (Heraeus-Kulzer) e de alta densidade Filtek™ P60 (3M) na cor A3. Os materiais estão ilustrados nas Figuras 1A e 1B.

Os fotopolimerizadores usados na pesquisa foram à base de luz halógena Ultralux (Dabi Atlante) e o sistema de LEDs Ultraled (Dabi Atlante). Os aparelhos fotopolimerizadores estão ilustrados nas Figuras 2, 3A e 3B.

Foi utilizado o radiômetro Cure Rite (Efos) para determinar a intensidade de radiação eletromagnética sobre uma definida faixa de comprimento de onda¹³. A ilustração encontra-se na Figura 4.

Mediu-se a intensidade de luz dos aparelhos fotopolimerizadores antes da fotopolimerização do primeiro corpo-de-prova e a cada confecção de 3 corpos-de-prova (Ultraled 180 mW/cm² e Ultralux 538 mW/cm²). E com um cronômetro digital (Technos) marcou-se o tempo de exposição dos aparelhos fotopolimerizadores e verificou-se o que era afirmado pelo fabricante, conforme a Figura 5.

Utilizaram-se matrizes metálicas circulares, com orifício central de 2 mm de espessura e 5 mm de diâmetro para a confecção dos corpos-de-prova. Colocou-se a matriz, limpa com álcool 70%, em cima de uma placa de vidro e entre a matriz e a placa, interpôs-se uma tira de poliéster. Inseriu-se o

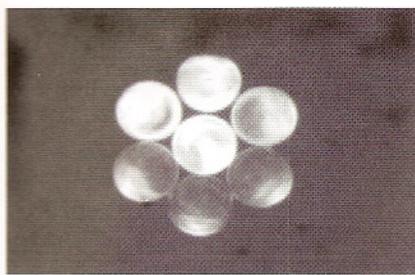


Fig. 3B: Fontes de LED's do aparelho Ultraled (Dabi Atlante).



Fig. 5: Cronômetro digital (Technos) utilizado para marcar o tempo de exposição dos aparelhos fotopolimerizadores e para verificar se o que o fabricante dizia era verdadeiro.



Fig. 4: Radiômetro Cure Rite (Efoss) utilizado para determinar a intensidade de radiação eletromagnética sobre uma definida faixa de comprimento de onda.

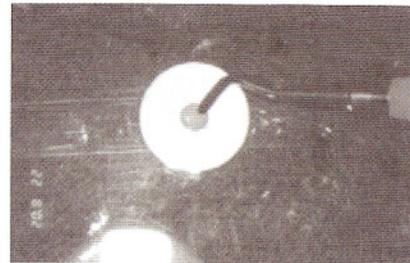


Fig. 6: Confeção dos corpos de prova através de uma placa de vidro, tira de poliéster, matriz metálica circular, espátula Thomson nº 3 (TD4X).

material restaurador em um único incremento com uma espátula Thomson nº 3 (TD4X). Colocou-se outra tira de poliéster em cima da matriz em contato com o material restaurador. A Figura 6 ilustra a confecção do corpo-de-prova.

A fotopolimerização foi realizada durante 40 segundos com a ponta do aparelho bem próxima à tira de poliéster. No total confeccionaram-se 20 corpos-de-prova. Dez corpos-de-prova foram realizados com cada material em teste, sendo 5 fotopolimerizados com luz halógena e 5 com sistema de LEDs, aleatoriamente (Figura 7).

O teste de microdureza Vickers foi utilizado empregando-se o microdurômetro MHT10 – Microhardness Tester Anton Paar (Paar Physica) e foi realizado imediatamente após a fotopolimerização dos corpos-de-prova. A Figura 8 ilustra o aparelho de microdureza utilizado.

A carga utilizada foi de 50 gf durante 30 segundos e o valor padrão de calibragem do aparelho foi de 99,0. Foram feitas 12 impressões em cada corpo-de-prova, 6 na superfície de topo e 6 na de base. Os valores obtidos em μm (micrometros) foram convertidos para valores de microdureza Vickers (VHN – Número de Dureza Vickers). Foram calculados também a porcentagem de polimerização, denominada de profundidade, conforme apresentam as Tabelas 1 e 2.

RESULTADOS

As médias de microdureza Vickers obtidas nas superfícies de topo e de base foram calculadas e o teste "t bilateral" foi aplicado.

Tabela 1 – Resultados das médias de microdureza Vickers da resina composta Charisma (Heraeus-Kulzer) fotopolimerizada com o sistema de LEDs e com o sistema de luz halógena

Superfície	Sistema de luz	LED (L)	Halógena (H)	Diferença (L – H)
Topo		171,1 (14,2)	183,6 (4,7)	- 12,5
Profundidade (%)		85,0 (5,8)	88,4 (6,3)	- 3,4

$p > 0,05$

A Tabela 1 apresenta os resultados referentes à resina composta Charisma (Heraeus- Kulzer), confrontando a microdureza superficial de topo e de profundidade (%), para os sistemas de LEDs e luz halógena. Percebe-se que o sistema de luz halógena proporcionou ligeiramente maior dureza da resina composta Charisma (Heraeus-Kulzer), porém, esta diferença não se evidencia estatisticamente quando comparada ao sistema de LEDs, sob a análise do teste t bilateral.

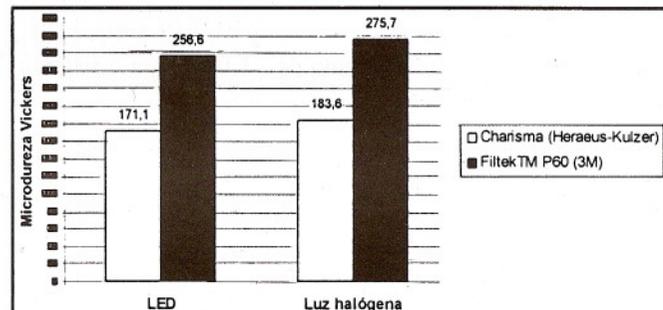


Gráfico 1 – Comparação de microdureza Vickers na superfície de topo das resinas compostas Charisma (Heraeus-Kulzer) e Filtek™ P60 (3M) fotopolimerizadas com o sistema de LEDs e de luz halógena.

Tabela 2 – Resultados das médias de microdureza Vickers da resina composta Filtek™ P60 (3M) fotopolimerizada com o sistema de LEDs e com o sistema de luz halógena

Superfície	Sistema de luz	LED (L)	Halógena (H)	Diferença (L – H)
Topo		256,6 (11,3)	275,7 (4,1)	- 19,1 (**)
Profundidade (%)		89,9 (4,5)	90,9 (3,8)	- 1,0

(**) $p < 0,01$

Na Tabela 2 são mostrados os resultados referentes à resina composta Filtek™ P60 (3M), que quando incidida pela luz halógena proporcionou maior dureza do que o sistema de LEDs, tanto no topo quanto na profundidade (%). Conforme análise realizada por meio do teste t bilateral, esta diferença é mais perceptível na superfície de topo da amostra.

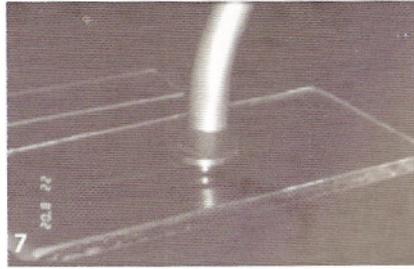


Fig. 7: Fotopolimerização dos corpos de prova feita durante 40 segundos com a ponta do aparelho bem próxima à tira de poliéster, tanto com o aparelho à base de luz halógena, quanto com o sistema de LED's.

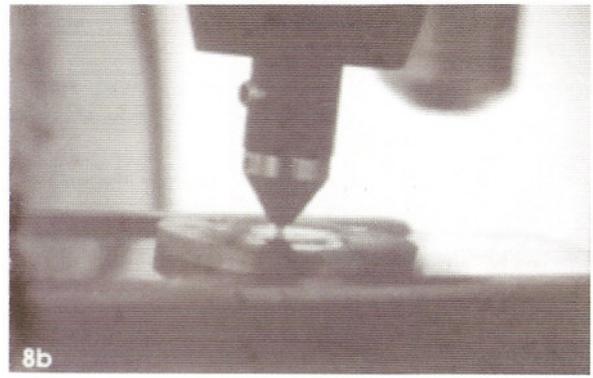


Fig. 8: Detalhe do microdurômetro - ponta piramidal utilizada para as medições dos corpos de prova.

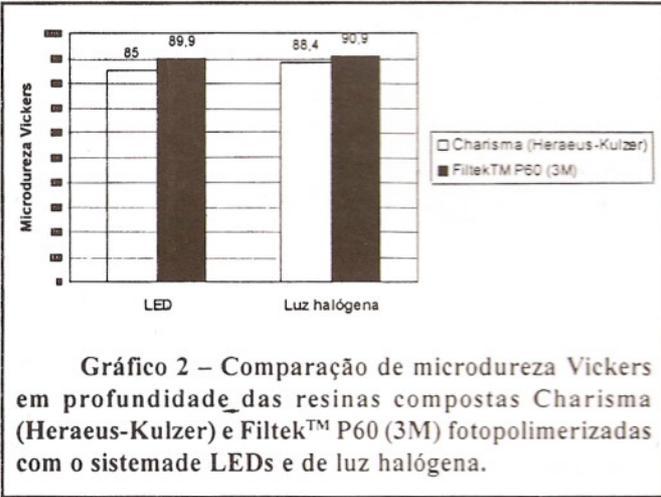


Tabela 3 – Resultados das médias de microdureza Vickers para a superfície de topo das resinas compostas Charisma (Heraeus-Kulzer) e Filtek™ P60 (3M) fotopolimerizadas com o sistema de LEDs e com o sistema de luz halógena

Sistema de Luz \ Material	Charisma (C)	P60 (P)	Diferença (C - P)
LED	171,1 (14,2)	256,6 (11,3)	- 85,5 (**)
Halógena	183,6 (4,7)	275,7 (4,1)	- 92,1 (**)

(**) p<0,01

É apresentado na Tabela 3 a análise referente a avaliação dos valores de microdureza proporcionados pelos fotopolimerizadores à base de LEDs e de luz halógena, confrontando as resinas compostas Charisma (Heraeus-Kulzer) e Filtek™ P60 (3M) na superfície de topo. Em ambas as situações de incidência de luz, a resina composta Filtek™ P60 (3M) se apresentou com melhor desempenho quando fotopolimerizada pelas luzes LEDs e halógena. O teste t bilateral realizado para confrontar estas diferenças evidenciou melhor fotopolimerização na resina composta Filtek™ P60 (3M) sob a luz halógena.

Tabela 4 – Resultados das médias de microdureza Vickers em profundidade das resinas compostas Charisma (Heraeus-Kulzer) e Filtek™ P60 (3M) fotopolimerizadas com o sistema de LEDs e com o sistema de luz halógena

Sistema de Luz \ Material	Charisma (C)	P60 (P)	Diferença (C - P)
LED	85,0 (5,8)	89,9 (4,5)	- 4,9
Halógena	88,4 (6,3)	90,9 (3,8)	- 2,5

p>0,05

Quanto à porcentagem de profundidade atingidas pelos sistemas de LEDs e luz halógena, observa-se pela Tabela 4, que a luz halógena penetrou um pouco mais profundamente na resina composta Filtek™ P60 (3M), embora este evento não esteja comprovado estatisticamente pelo teste t bilateral.

DISCUSSÃO

Apesar do sistema à base de LEDs emitir intensidade de luz média de 180 mW/cm² e ser considerada baixa para promover uma adequada polimerização das resinas compostas, principalmente em profundidade, este fato é compensado, segundo RASTELLI, 2002³¹, pelo comprimento de onda mais eficiente (470 nm), podendo ser recomendado para a polimerização de resinas compostas com até 2mm de espessura. Entretanto, no presente trabalho, não foi possível observar este comportamento, uma vez que o sistema de luz halógena, com maior intensidade de luz (538mW/cm²) polimerizou as resinas compostas de forma mais eficiente.

Um ponto que deve ser analisado é a advertência dos fabricantes quanto à utilização de radiômetros para comparar o desempenho dos aparelhos fotopolimerizadores de luz halógena com os sistemas de LEDs. Os radiômetros de polimerização captam uma faixa de irradiação maior do que o estreito espectro da canforoquinona; portanto as luzes halógenas tipicamente demonstram densidade de potências mais altas do que os sistemas de LEDs, mas podem estar emitindo mais do que parece, uma vez que o espectro de emissão do sistema de LEDs é estreito e está situado próximo do máximo de absorção da canforoquinona⁴.

BARGHI, BERRY e HATTON² mediram a intensidade de luz de 209 aparelhos fotopolimerizadores e concluíram que 30% desses aparelhos fotopolimerizadores emitiam menos de 200 mW/cm². PEREIRA et al.²⁷, em um trabalho semelhante, avaliaram 120 aparelhos fotopolimerizadores de várias marcas comerciais e diferentes tempos de vida útil, chegando à conclusão que 60% deles apresentavam valores de intensidade de luz entre 100 e 200 mW/cm²

Vários estudos demonstram que o sistema à base de LEDs é um aparelho fotopolimerizador eficaz para a polimerização de resinas compostas, porém quando se utiliza maior número de fontes de diodo do que o empregado neste estudo, o qual continha apenas 7 fontes de LEDs. Isto pode explicar o fraco desempenho dos mesmos no nosso estudo. FUJIBAYASHI et al.⁹, usaram 61 fontes de LEDs com 450 nm e sistema de luz

halógena, ambos com intensidade luminosa de 100 mW/cm² para comparar a profundidade de polimerização das resinas compostas e obtiveram resultados favoráveis com o sistema de LEDs. MILLS et al.²⁴, observaram a eficácia dos sistemas de LEDs quando compararam um aparelho contendo 25 fontes de LEDs com um fotopolimerizador de luz halógena ajustado para uma irradiação de 300 mW/cm². JANDT et al.¹⁵, concluíram que um aparelho fotopolimerizador contendo 27 fontes de LEDs azuis polimerizou adequadamente todos os corpos-de-prova de resina composta avaliados em seu estudo.

Nosso estudo revelou diferenças significativas nos valores de microdureza Vickers para o tipo de resina composta e o tipo de aparelho usado para polimerizar os corpos-de-prova com espessura de 2 mm. De acordo com o critério de que a superfície de base deve ter no mínimo 80% da dureza da superfície de topo³, as duas resinas compostas avaliadas polimerizaram adequadamente após 40 segundos de fotoativação com ambos os aparelhos fotopolimerizadores ($p < 0,01$). Pode-se observar que a resina composta de alta densidade, Filtek™ P60 (3M) apresentou melhores resultados de microdureza na superfície de topo. Esse resultado é mais evidente com a luz halógena do que com o sistema de LEDs. A possível explicação para a resina composta Charisma (Heraeus-Kulzer) não ter apresentado o mesmo resultado é que suas pequenas partículas fazem a luz se espalhar, diminuindo, dessa forma, a efetividade da luz polimerizadora.

MIORANZZA et al.²⁵, polimerizaram por 40 segundos e com intensidade de luz de 450mW/cm², três tipos de resina composta e observaram que a resina composta Filtek™ P60 (3M) apresentou a maior média de microdureza Vickers, seguida da resina composta Surefil (Dentsply). A resina composta Charisma (Heraeus-Kulzer) apresentou a menor média de microdureza, concordando portanto, com nossos resultados.

Com o desenvolvimento e aprimoramento de uma nova e promissora tecnologia, representada pelo sistema de LEDs, acredita-se que para um futuro bem próximo estes sistemas poderão substituir com segurança os aparelhos fotopolimerizadores de luz halógena³¹.

CONCLUSÃO

1. O aparelho de luz halógena proporcionou melhores resultados de microdureza do que o aparelho com sistema de LEDs para as duas resinas compostas avaliadas;
2. A resina composta Filtek™ P60 (3M) apresentou maiores médias de microdureza do que a resina composta Charisma (Heraeus- Kulzer).

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a capacidade de fotopolimerização do aparelho fotopolimerizador à base de luz halógena Ultralux (Dabi Atlante) e o sistema de LEDs Ultraled (Dabi Atlante) aplicados por 40 segundos em dois tipos de resinas compostas: híbrida Charisma (Heraeus-Kulzer) e outra de alta densidade ou condensável Filtek™ P60 (3M), ambas na cor A3. Foram confeccionados 20 corpos-de-prova divididos em 4 grupos: Grupo I – Charisma (Heraeus-Kulzer) e luz halógena; Grupo II – Charisma (Heraeus-Kulzer) e sistema de

LEDs; Grupo III – Filtek™ P60 (3M) e luz halógena; Grupo IV – Filtek™ P60 (3M) e sistema de LEDs. Imediatamente após a fotopolimerização, obteve-se 12 valores de microdureza Vickers tanto na superfície de topo quanto na de base dos corpos-de-prova. O aparelho de luz halógena proporcionou melhores resultados de microdureza do que o aparelho com sistema de LEDs para as duas resinas compostas avaliadas e a resina composta Filtek™ P60 (3M) apresentou maiores médias de microdureza do que a resina composta Charisma (Heraeus-Kulzer).

Palavras-chave: luz visível, dureza, resinas compostas.

SUMMARY

The aim of this study was to evaluate light curing capacity of a halogen-based light-curing unit (LCU) Ultralux (Dabi Atlante) and a light-emitting diodes (LEDs) light-curing unit (LCU) Ultraled (Dabi Atlante) when applied for 40 seconds to light-cure two types of composite resins. The materials used were hybrid composite resin Charisma (Heraeus-Kulzer) and packable composite resin Filtek™ P60 (3M), both on shade A3. A total of 20 specimens were prepared and divided in 4 groups: group I – Charisma (Heraeus-Kulzer) and halogen-based LCU; group II – Charisma (Heraeus- Kulzer) and LEDs LCU; group III – Filtek™ P60 (3M) and halogen-based; group IV – Filtek™ P60 (3M) and LED LCU. Immediately after light curing procedures, Vickers hardness values were obtained. There were obtained 6 measurements on top and 6 on bottom of each specimen. Halogen-based LCU provided better microhardness results than LEDs LCU for both composite resins evaluated and Filtek™ P60 (3M) composite resins showed larger microhardness's averages than Charisma (Heraeus-Kulzer) composite resin.

Key words: visible light ; hardness; composite resins.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALTHOFF, O.; HARTUNG, M. Advances in light curing. Am. J. Dent., 13 (special nº):77D-81D, 2000.
2. BARGHI, N.; BERRY, T.; HATTON, C. Evaluating intensity output of curing lights in private dental offices. JADA, 125:992-6, 1994.
3. BREEDING, L.C.; DIXON, D. L.; CAUGHMAN, W. F. The curing potential of light-activated composite resin luting agents. J. Prostnet. Dent., 65:512-8, 1991.
4. DUNN, W. J. & BUSH, A. C. A comparison of polymerization by light-emitting diode and halogen-based light-curing units. JADA, 133:35-41, mar., 2002.
5. FAN, P. L. et al. Irradiance of visible light-curing units and voltage variation effects. J. Am. Dent. Assoc., 115:442-5, 1987.
6. FAN, P. L. et al. Intensidade da luz polimerizadora e profundidade de polimerização de resinas compostas testadas de acordo com os padrões internacionais. JADA., 5:199-204, jul./ago., 2002.
7. FOWLER, C. S.; SWARTZ, M. L.; MOORE, B. K. Efficacy testing of visible-light-curing units. Oper. Dent., 19:47-52, 1994.
8. FRIEDMAN, J. Variability of lamp characteristics in dental curing lights. Esthetic Dentistry Update, 1:189-90, 1989.
9. FUJIBAYASHI, K.; ISHIMARU, K.; KOHNO, A. A study on light activation units using blue light emitting diodes. J. Jap. Dent. Pres. Acad., 39(1):180-8, 1996.
10. FUJIBAYASHI, K. et al. Newly developed curing unit using blue light emitting diodes. Dentistry in Japan, 34:49-53, march, 1999.
11. GHENG, S. M.; GARONE NETO, N. Eficiência de polimerização de resinas compostas por sistema de luz visível e ultravioleta. Ver. Assoc. Paul. Cir. Dent., 42:148-50, 1988.
12. HAITZ, R. H.; CRAFORD, M. G.; WIESSMAN, R. H. Handbook of optics. Devices, measurements, and properties. 2. New York: Mc Graw-Hill, 1995, 12.1-12.39.

13. HANSEN, E. K.; ASMUSSEN, E. Correlation between depth of cure and temperature of a light – activated resina. *Scand. J. Dent. Res.*, 101:62-4, 1993.
14. HARRINGTON, E.; WILSON, H. J. Depth of cure of radiation – activated materials – effect of mould material and cavity size. *J. Dent.*, 21:305-11, 1993.
15. JANDT, K. D. et al. Depth of cure and compressive strength of dental composites cured with blue light emitting diodes (LED). *Dent. Mater.*, 16:41-47, 2000.
16. KURACHI, C. Estudo comparativo do laser, do LED azul e da lâmpada convencional no processo de polimerização da resina composta dental. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.
17. KURACHI, C. et al. Hardness evaluation of a dental composite polymerized with experimental LED – based devices. *Dent. Mater.*, 17:3089-315, 2000.
18. LAMBERT, R. L.; PASSON, J. C. Inconsistent depth of cure produced by identical visible light generators. *Gen. Dent.*, 36:124-5, 1988.
19. LONG, W. R.; CURBOX, S. C. In-office survey of curing light maintenance. *J. Ind. Dent. Assoc.*, 9-11, may/jun., 1992.
20. LUTZ, F.; KREJCI, I.; FRISCHKNECHT, A. Lichtpolymerisationsgerate. *Schweiz. Monatsschr. Zahnmed.*, 102(5):565-72, 1992.
21. MACHADO, C. T. Avaliação da microdureza de uma marca comercial de resina composta híbrida submetida a três tipos de aparelhos fotopolimerizadores. Dissertação (Mestrado em Dentística Restauradora) – Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2000. 168p.
22. MENEZES, M. A.; MUENCH, A. Dureza Knoop de resinas composta em função do número de radicais livres. *Rev. Odontol. Univ. São Paulo*, 12:281-5, 1998.
23. MILLS, R. W.; JANDT, K. D.; ASHWORTH, S. H. Dental composite depth of cure with halogen and blue light emitting diode technology. *Brit. Dent. J.*, 186:388-91, 1999.
24. MILLS, R. W.; JANDT, K. D.; ASHWORTH, S. H. Light emitting diode (LED) and halogen curing – composite depth of cure [abstract 147]. *J. Dent. Res.*, 78-1053, 1999.
25. MIORANZZA, M. et al. Avaliação da dureza superficial de resinas compostas condensáveis. *JBD*, 2003 (no prelo).
26. MONTENEGRO, G. et al. Descobrimo seu fotopolimerizador. *Rev. APCD.*, 57(1):66-71, jan./fev., 2003.
27. PEREIRA, S. K. et al. Análise de aparelhos fotopolimerizadores. Aspectos clínicos relacionados à manutenção, eficiência e emissão da intensidade de luz. *RGO*, 44(3):143-5, maio/jun., 1996.
28. PEREIRA, S. K.; PORTO, C. L. A.; MENDES, A. J. D. Avaliação da dureza superficial de uma resina composta híbrida em função de cor, tempo de exposição, intensidade de luz e profundidade do material. *JBC*, 4(23):63-7, set/out., 2000.
29. PING, H. W.; SHU, L. L.; WAN, H. L. Factors affecting polymerization depth of composite resin with argon laser. *J. Dent. Res.*, p.103, 1994. (Abstract 603).
30. PIRES, J. A. F. et al. Effect of curing tip distance on light intensity and composite resin microhardness. *Quintessence Int.*, 24(4):517-21, 1993.
31. RASTELLI, A. N. S. Avaliação da profundidade de polimerização de uma resina composta, pela técnica trans-dental, utilizando-se três diferentes fontes de luz: halógena, laser de Argônio e LEDs. Dissertação (Mestrado em Dentística Restauradora) – Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2002.
32. RUEGGEBERG, F. A.; CAUGHMAN, W. F.; CURTIS JR., J. W. Effects of light intensity and exposure duration on cure of resin composite. *Oper. Dent.*, 19(1):26-32, jan/fev., 1994.
33. RUEGGEBERG, F. A. et al. Lifetime intensity profiles of 11 light-curing units (abstract 2897). *J. Dent. Res.* 75:380, 1996.
34. TARLE, Z. et al. Temperature rise in composite samples cured by blue superbright light emitting diodes. *J. Dent. Res.*, 77:686, 1998. (Abstract 433).
35. VARGAS, M. A.; COBB, D. S.; SCHMIT, J. L. Polymerization of composite resins: argon laser vs conventional light. *Oper. Dent.*, 23:87-93, 1998.
36. WHITTERS, C. J.; GIRKIN, J. M.; CAREY, J. J. Curing of dental composites by use of InGaN light-emitting diodes. *Optics Letters.*, 24(1):67-8, jan., 1999.