

Dureza de resinas compostas de diferentes cores, em profundidades distintas, fotoativadas por diferentes fotopolimerizadores

Hardness of composite resins of different colors, at distinct depths, photoactivated by different light-curing units

Vanessa Lopes*
Marina da Rosa Kaizer**
Ivo Carlos Correa***
Letícia Borges Jacques****
André Mallmann*****

Resumo

Objetivo: Avaliar a dureza de resinas compostas (RC) de cores diferentes em duas profundidades (topo e base), fotoativadas com diferentes fotopolimerizadores. Método: Utilizaram-se duas RC de cores e opacidades diferentes (Filtek Supreme A1E®, Filtek Supreme A3D®) e quatro aparelhos fotopolimerizadores LED (Ultra Blue Is 600® - 450 mW/cm²; Optilight LD III® - 250 mW/cm²; Ultraled® - 250 mW/cm²; Raddi® - 700 mW/cm²). Confeccionaram-se 24 matrizes de polímero de náilon (5 mm de diâmetro e 3 mm de espessura), nas quais as RC foram inseridas em dois incrementos de 1,5 mm cada, fotoativados por 20s cada. Submeteram-se os corpos-de-prova (cp) à análise de dureza Vickers no “topo” e na “base”, com quatro medidas em cada superfície. A média de dureza de cada cp foi calculada e aplicaram-se análise de variância e Tukey. Resultados e conclusões: Observou-se que a dureza das RC variou conforme a cor do material e os aparelhos utilizados, com o Raddi e o Ultra Blue IS proporcionando os maiores valores. De forma geral, as RC apresentaram maior dureza no topo do que na base. Na base, a resina composta com maior translucidez apresentou maior dureza do que a resina composta opaca.

Palavras-chave: Resinas compostas. Dureza. Cor.

Introdução

Uma intensidade de luz insuficiente para fotopolimerizar uma resina composta pode levar ao insucesso clínico do procedimento, caracterizado pelo comprometimento estético e pela obtenção de propriedades inferiores, tais como menor dureza, resistência mecânica e retenção, maior tendência ao manchamento superficial e maior possibilidade de infiltração marginal pela incompleta polimerização das camadas mais profundas, além de um teor aumentado de monômeros residuais¹⁻⁸. Sendo as resinas compostas materiais amplamente utilizados tanto para restaurações de dentes anteriores como para posteriores, a resistência mecânica deste material torna-se bastante relevante, influenciando diretamente na durabilidade das restaurações. Portanto, para se obter o máximo de resistência é fundamental que a sua polimerização seja a mais completa possível^{9,10}.

Vários aparelhos fotopolimerizadores, principalmente os tipos LEDs (LEDs – Light Emitting Diodes), têm sido apresentados, com diferentes irradiancias e, eventualmente, variando o espectro de seu comprimento de onda. À medida que surgem

* DDS, especialista em Dentística Restauradora - ABO-BA, Salvador, BA, Brasil.

** DDS, MS, aluno do curso de doutorado em Materiais Odontológicos - PPGO/Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, Brasil.

*** DDS, MS, PhD, professor, Departamento de Materiais Dentários, Faculdade de Odontologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

**** DDS, MS, PhD, professora, Departamento de Odontologia Restauradora, Faculdade de Odontologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil.

***** DDS, PhD, professor Adjunto, Departamento de Odontologia Restauradora, curso de Odontologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS,

esses aparelhos no mercado, novas vantagens são apresentadas pelo fabricante, tornando-se importante avaliar se alterações como a técnica de fotoativação empregada e a diminuição do tempo de fotoativação acarretariam variações nas propriedades físico-mecânicas das resinas compostas¹¹⁻¹³.

Isso tem gerado dúvidas quanto ao índice de polimerização das resinas compostas e também à influência dessa irradiância sobre as propriedades mecânicas desses materiais. Outro aspecto relevante é que a passagem da luz pela resina composta, para uma boa polimerização da sua parte interna, é dependente de sua opacidade. Desse modo, necessitar-se-ia de uma irradiância maior para uma adequada polimerização, principalmente nas regiões mais distantes da ponta do fotopolimerizador¹⁴⁻¹⁶.

O teste de dureza é um procedimento técnico que tem sido utilizado para avaliar essa propriedade mecânica da resina composta. De forma indireta, é possível relacioná-la com o grau de polimerização desses materiais^{11,17}. Verificando a importância de relacionar o grau de polimerização de resinas compostas opacas e translúcidas em regiões distintas desse material quando fotoativadas com aparelhos

LEDs, este estudo teve como objetivo avaliar a dureza no “topo” e na “base” de duas resinas compostas, com cores e opacidades diferentes, quando submetidas à polimerização por meio de diferentes aparelhos LED fotopolimerizadores.

As hipóteses a serem testadas são: 1 - Os fotopolimerizadores com maior irradiância propiciarão maior dureza nas resinas compostas; 2 - A dureza das resinas compostas será maior no topo do que na base; 3 - As resinas compostas menos opacas apresentarão maior dureza do que as resinas compostas opacas, principalmente na base.

Materiais e método

Foram selecionadas duas resinas compostas com cores e opacidades diferentes, uma com maior coroma e opacidade (A3D - Filtek Supreme® - 3M-Espe / St. Paul-MN, EUA) e uma com menor opacidade e menor coroma (A1E - Filtek Supreme® - 3M-Espe / St. Paul-MN, EUA), e utilizaram-se quatro aparelhos fotopolimerizadores LED, conforme descrito na Tabela 1.

Tabela 1 - Fotopolimerizadores com suas respectivas características

Modelo do aparelho	Fabricante	Comprimento de onda (nm)	Irradiância (mW/cm ²)	
			Fabricante	Radiômetro*
Optilight LD III®	Gnatus – Ribeirão Preto - SP, Brasil	470	470	250
Ultraled®	Dabi Atlante – Ribeirão Preto - SP, Brasil	458-480	> 500	250
Radii®	SDI – Bayswater -Victoria, Austrália	440-480	1400	700
Ultra Blue IS 600®	DMC – São Carlos -SP, Brasil	475 ± 15	600	450

* Mensuração dos fotopolimerizadores realizadas com LED Radiometer (Demetron-Kerr / Danbury-CT, EUA).

Vinte e quatro matrizes cilíndricas de um polímero de náilon apresentando uma perfuração central com 5 mm de diâmetro e 3 mm de espessura foram confeccionadas (n = 3). Cada matriz foi colocada sobre uma tira de poliéster e sobre uma lamínula de vidro. As resinas compostas foram inseridas em camadas de, aproximadamente, 1,5 mm e fotoativadas por 20s em cada grupo com cada um dos fotopolimerizadores. Após a inserção da segunda camada, outra lamínula de vidro era usada para um aplainamento da amostra e posterior polimerização. As amostras foram lixadas em uma politriz (Arotec APL 4000® – Arotec – Cotia - SP, Brasil) com lixas d'água de granulação 180, 220, 320, 400, 600 e 1200, 30s para cada granulação, sob refrigeração constante. Após lixadas, as amostras foram polidas em feltros de polimento.

Após a fotopolimerização, todas as amostras foram inspecionadas sob microscópio óptico com 20 x de aumento (Lambda LLEE2® S/ nº 005007, ATTO Instruments Co, Hong Kong, China) antes e após o teste para garantir a ausência de defeitos ou poros nas superfícies. A mensuração da dureza Vickers foi

realizada com um microdurômetro Micromet 2003 (Buehler® – Lake Bluff, IL, EUA). As medidas de dureza foram realizadas nas superfícies da base e do topo, sendo realizadas quatro leituras de dureza leituras em cada profundidade de cada cp. A média dessas quatro leituras foi calculada nas profundidades base e topo e os dados individuais de cada cp foram submetidos à análise de variância com o fator profundidade vinculado, pois as duas profundidades foram analisadas na mesma amostra. O teste de Tukey foi realizado para contraste (5%).

Resultados

Os resultados da análise de variância são apresentados na Tabela 2. É possível verificar que todos os fatores estudados – resina, fotopolimerizador e profundidade –, bem como as interações correspondentes, apresentaram significância estatística ($p < 0,05$), com exceção da interação profundidade X fotopolimerizador, que não apresentou significância estatística.

Tabela 2 - Análise de variância do teste de dureza

Fonte de variação	G.L.	Quadrado médio	F	Prob. H0 (%)
Fotopolimerizador(F)	3	1273,9861	28,82	0,0001*
Resina(R)	1	5176,1250	117,08	0,0001*
Interação F X R	3	1311,4584	29,66	0,0001*
Resíduo I	88	44,2093	---	---
Profundidade(P)	1	3475,7917	75,43	0,0001*
Interação P x F	3	172,1806	3,74	1,3954ns
Interação P x R	1	772,7083	16,77	0,0255**
Interação P x F x R	3	775,0417	16,82	0,0002***
Resíduo II	88	46,0791	---	---
Total	191	---	---	---

- Significativo ao nível de *0,001%, **5% e ***0,1%; ns - Não significativo.

A Tabela 3 apresenta os resultados divididos nos três fatores: resina, fotopolimerizador e profundidade.

Tabela 3 - Médias de dureza e desvio-padrão (DP) da interação fotopolimerizador x resina x profundidade

Profundidade		Base		Topo	
LED	Resina	A1 E	A3 D	A1 E	A3 D
	Radii	100, 6 ^a (± 7,6)	79, 1 ^g (± 4,4)	99, 7 ^{ab} (± 7,4)	94, 0 ^{abcd} (± 7,3)
Ultraled	72, 5 ^g (± 8,1)	83, 5 ^{ef} (± 5,7)	87, 9 ^{def} (± 8,3)	85, 5 ^{def} (± 6,1)	
Optilight LD III	95, 6 ^{abc} (± 6,3)	63, 3 ^g (± 6,5)	97, 3 ^{abc} (± 9,3)	88, 8 ^{de} (± 5,2)	
Ultra Blue IS 600	97, 2 ^{abc} (± 6,8)	82, 4 ^{def} (± 5,8)	98, 9 ^{ab} (± 4,7)	90, 0 ^{bcde} (± 6,1)	

Letras diferentes representam diferenças estatísticas ($p < 0,05$).

Diferenças estatísticas foram encontradas na interação fotopolimerizador x resina x profundidade e, por meio do valor crítico para contraste dessa interação (Tukey 5% = 9,81), foi possível constatar diferença significativa entre as profundidades, independentemente dos aparelhos utilizados, com a base apresentando, no geral, menor dureza do que o topo. Outra diferença significativa foi encontrada entre as resinas compostas, pois a mais clara e menos opaca (A1E), em média, apresentou maiores valores do que a mais escura e mais opaca (A3D).

Fazendo uma análise geral da Tabela 3, é possível observar que diferenças das médias de dureza entre as resinas compostas e entre as profundidades puderam ser observadas, independentemente do aparelho fotopolimerizador utilizado, evidenciando uma superioridade numérica de dureza para a resina composta mais clara e na superfície de topo.

Discussão

Os materiais restauradores fotopolimerizáveis são fundamentais na odontologia contemporânea e as fontes de luz utilizadas para polimerizar as resinas compostas fotoativadas devem cumprir requisitos para realizar uma ótima polimerização. Inúmeros estudos sobre a polimerização de materiais resinosos utilizando diferentes metodologias têm sido realizados¹¹⁻¹⁴. Entre essas está o teste de dureza, que é um dos mais frequentes métodos empregados e capaz de proporcionar resultados fidedignos e re-

produzíveis. Dentre os vários tipos de fotopolimerizadores, a tecnologia apresentada pelos aparelhos LED promete maior tempo de vida útil, não gerar aquecimento e produzir luz específica para a ativação da canforoquinona¹⁸⁻²¹. Além de o fabricante (Perfil Técnico da Filtek Supreme 3M-Espe) das resinas compostas testadas neste trabalho informar que podem ser polimerizadas com essa fonte de luz, diversos trabalhos têm demonstrado essa viabilidade, porém sem avaliar a diferença de opacidade e profundidade de polimerização²²⁻²⁴.

O presente estudo testou a efetividade de quatro diferentes aparelhos LED existentes no mercado, visando auxiliar os profissionais da odontologia na escolha de aparelhos confiáveis e eficientes. A literatura relata que o tempo de exposição à luz também representa um importante papel no processo de polimerização, visto que a dureza da superfície da resina composta é significativamente aumentada quando exposta à luz por longos períodos^{11,24,25}. Resultados insatisfatórios com relação à efetividade da polimerização podem ocorrer em razão de uma maior distância entre fonte de luz e material, de um inadequado tempo de exposição, baixas intensidades da luz emitida e incorretos comprimentos de onda²⁵⁻²⁷.

Considerando essas observações, pôde-se observar que os valores obtidos variaram entre os materiais e fotopolimerizadores. No entanto, analisando de uma forma geral, os valores de dureza obtidos no nosso trabalho revelaram que as resinas compostas fotopolimerizadas com aparelhos com maior irradi-

ância obtiveram os maiores resultados de dureza e, provavelmente, também tiveram um maior grau de conversão. Assim, a primeira hipótese do trabalho foi confirmada, e esses resultados estão de acordo com trabalhos encontrados na literatura^{9,25,28-30}, os quais demonstraram relação direta entre intensidade de luz e profundidade de polimerização em resinas compostas fotopolimerizáveis. Cavalcante et al.²⁵ (2009) ainda relataram que inadequadas polimerizações de resinas compostas são obtidas com a emissão de luz em baixa intensidade, mesmo seguindo o tempo recomendado pelo fabricante, o que pode contribuir negativamente para as propriedades físicas e o desempenho clínico desses materiais.

A hipótese de que a resina composta no topo apresentaria maior dureza também foi confirmada para a maioria dos fotopolimerizadores, porém apenas com a resina composta com maior croma e mais opaca (A3D). Para a resina composta mais translúcida e de menor croma (A1E), houve diferença entre o topo e a base apenas com o fotopolimerizador que apresentava uma irradiância de luz mais baixa (Ultraled). Mobarak et al.³¹ (2009) sugeriram que existe uma diferença no grau de polimerização da resina composta em relação à camada superficial mais próxima à fonte de luz e a camada basal do incremento mais distante desta.

Entretanto, conforme citado, na presente investigação pôde-se observar que essa redução significativa da dureza no lado da base é mais perceptível nas resinas compostas onde a passagem da luz é mais difícil. Isso demonstra que o grau de conversão das resinas compostas quando distante da fonte de luz será maior ou menor dependendo da cor/opacidade da resina composta e da energia luminosa aplicada (irradiância e tempo de aplicação). Deve-se ressaltar que o desempenho clínico de restaurações pode ser prejudicado quando a polimerização de compósitos ocorre mais superficialmente³².

Foi possível confirmar também a hipótese de que a cor e a opacidade teriam forte influência na dureza dessas resinas compostas. Os resultados revelaram que a cor A1E apresentou maiores valores de dureza do que a cor A3D, principalmente na base. De acordo com Ceballos et al.¹¹ (2009), o aspecto mais relevante responsável pelos elevados valores de dureza é o tempo de exposição à luz, proporcionando, conseqüentemente, uma melhor profundidade de polimerização. Diante de tal fato, sugere-se que materiais mais opacos e com matizes mais escuros sejam submetidos a um maior tempo de exposição do que os materiais mais claros e menos opacos. Esse aspecto já vem sendo sugerido por muitos fabricantes de resinas compostas que produzem materiais de diferentes opacidades, porém, infelizmente, não tem sido observado em práticas clínicas.

Na superfície de base, a resina composta de cor A3D obteve os piores valores de dureza. Isso, provavelmente, ocorreu em razão da distância da fonte

de luz, bem como da profundidade de polimerização, que é inversamente proporcional ao valor da cor. Logo, materiais escuros possivelmente reduzem a penetração da luz nas regiões mais profundas das resinas compostas, necessitando de longo tempo de exposição para polimerização^{1,32-35}; conseqüentemente, as cores mais claras permitem melhores profundidades de polimerização^{1,36-38}.

Considerando as médias encontradas pelos grupos, esse resultado parece ter maior relevância em espécimes submetidos a aparelhos que emitem menores intensidades de luz. Ainda que os aparelhos LED venham apresentando resultados animadores quando empregados com materiais resinosos compatíveis e inseridos com a apropriada espessura, parece claro que a escolha de aparelhos fotopolimerizadores deve ser criteriosa. Muitos aparelhos são lançados no mercado anualmente, entretanto diferenças significativas na sua qualidade e características são observadas.

As informações fornecidas neste trabalho demonstram que a seleção correta dos equipamentos odontológicos deve ser baseada em estudos científicos imparciais e comprovados e que materiais lançados no mercado podem não ter sido testados adequadamente para a utilização de forma generalizada na clínica odontológica. Apesar de se acreditar que esses resultados são significativos, sugere-se que outras pesquisas sejam realizadas no intuito de esclarecer cada vez mais a relação cor x profundidade de polimerização x tipo de fotopolimerizador, inclusive inserindo tempos diferentes de polimerização e outras marcas de resinas compostas.

Conclusões

- Os valores de dureza variaram de acordo com a cor da resina composta e o aparelho fotopolimerizador utilizado.
- Os aparelhos com as menores irradiâncias proporcionaram menores valores de dureza nas resinas compostas.
- A resina composta com menor opacidade e valor mais alto (A1E) apresentou maiores valores de dureza superficial.

Agradecimentos

À 3M-Espe pela doação de materiais. Às empresas DMC, Gnatus e SDI pelos aparelhos LED.

Abstract

Objective: the objective of this paper is to evaluate the hardness of composite resins of different colors and depths (top and base), light-activated with different light-curing units. Method: two composite resins with different colors and opacities were selected (Filtek Supreme A1E™, Filtek Supreme A3D™) and four LED

light-cure equipments (Ultra Blue Is 600™ – 450 mW/cm²; Optilight LD III™ – 250 mW/cm²; Ul-traled™ – 250 mW/cm²; Radii™ – 700 mW/cm²). Resins were inserted into nylon polymer matrix (diameter: 5 mm, thickness: 3 mm) in two increments with 1.5 mm each and light-cured during 20s to each portion. The specimens (sp) were submitted to Vickers hardness analysis on the “top” and “base”, 4 measures in each surface. The mean of hardness for each sp were calculated and submitted to Variance analysis and Tukey’s test. Result and conclusion: the hardness of specimens varies according to the color of the material and equipments used, when Raddi and Ultra Blue IS promoted the highest values of hardness. Composite resins presented higher hardness on top than in the base. In the base, the composite resin with highest translucency presented higher hardness than the opaque composite resin.

Key words: Composite resins. Hardness. Color.

Referências

1. Yue C, Tantbirojn D, Grothe RL, Versluis A, Hodges JS, Feigal RJ. The depth of cure of clear versus opaque sealants as influenced by curing regimens. *J Am Dent Assoc* 2009; 140(3):331-8.
2. Feng L, Carvalho R, Suh BI. Insufficient cure under the condition of high irradiance and short irradiation time. *Dent Mater* 2009; 25(3):283-9.
3. Kim SY, Lee IB, Cho BH, Son HH, Um CM. Curing effectiveness of a light emitting diode on dentin bonding agents. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2006; 77(1):164-70.
4. Lohbauer U, Rahiotis C, Krämer N, Petschelt A, Eliades G. The effect of different light-curing units on fatigue behavior and degree of conversion of a resin composite. *Dent Mater* 2005; 21(7):608-15.
5. Witzel MF, Calheiros FC, Gonçalves F, Kawano Y, Braga RR. Influence of photoactivation method on conversion, mechanical properties, degradation in ethanol and contraction stress of resin-based materials. *J Dent* 2005; 33(9):773-9.
6. Moon HJ, Lee YK, Lim BS, Kim CW. Effects of various light curing methods on the leachability of uncured substances and hardness of a composite resin. *J Oral Rehabil* 2004; 31(3):258-64.
7. Vandewalle KS, Ferracane JL, Hilton TJ, Erickson RL, Sakaguchi RL. Effect of energy density on properties and marginal integrity of posterior resin composite restorations. *Dent Mater* 2004; 20(1):96-106.
8. Yoon TH, Lee YK, Lim BS, Kim CW. Degree of polymerization of resin composites by different light sources. *J Oral Rehabil* 2002; 29(12):1165-73.
9. Torno V, Soares P, Martin JM, Mazur RF, Souza EM, Vieira S. Effects of irradiance, wavelength, and thermal emission of different light curing units on the Knoop and Vickers hardness of a composite resin. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2008; 85(1):166-71.
10. Leonard DL, Charlton DG, Roberts HW, Cohen ME. Polymerization efficiency of LED curing lights. *J Esthet Restor Dent* 2002; 14(5):286-95.
11. Ceballos L, Fuentes MV, Tafalla H, Martínez A, Flores J, Rodríguez J. Curing effectiveness of resin composites at different exposure times using LED and halogen units. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2009; 14(1):E51-6.
12. Visvanathan A, Ilie N, Hickel R, Kunzelmann KH. The influence of curing times and light curing methods on the polymerization shrinkage stress of a shrinkage-optimized composite with hybrid-type prepolymer fillers. *Dent Mater* 2007; 23(7): 777-84.
13. Obici AC, Sinhoreti MA, Correr Sobrinho L, de Goes MF, Consani S. Evaluation of depth of cure and Knoop hardness in a dental composite photo-activated using different methods. *Braz Dent J* 2004; 15(3):199-203.
14. Li J, Fok AS, Satterthwaite J, Watts DC. Measurement of the full-field polymerization shrinkage and depth of cure of dental composites using digital image correlation. *Dent Mater* 2009; 25(5):582-8.
15. Fleming GJ, Awan M, Cooper PR, Sloan AJ. The potential of a resin-composite to be cured to a 4mm depth. *Dent Mater* 2008; 24(4):522-9.
16. Obici AC, Sinhoreti MAC, Frollini E, Correr-Sobrinho L, Goes MF, Henriques GEP. Monomer conversion at different dental composite depths using six light-curing methods. *Polymer Testing* 2006; 25(3):282-8.
17. Santos GB, Medeiros IS, Fellows CE, Muench A, Braga RR. Composite depth of cure obtained with QTH and LED units assessed by microhardness and micro-Raman spectroscopy. *Oper Dent* 2007; 32(1):79-83.
18. Schneider LF, Pfeifer CS, Consani S, Prah SA, Ferracane JL. Influence of photoinitiator type on the rate of polymerization, degree of conversion, hardness and yellowing of dental resin composites. *Dent Mater* 2008; 24(9):1169-77.
19. Campreghe UB, Samuel SM, Fortes CB, Medina AD, Collares FM, Ogliairi FA. Effectiveness of second-generation light-emitting diode (LED) light curing units. *J Contemp Dent Pract* 2007; 8(2):35-42.
20. Uhl A, Michaelis C, Mills RW, Jandt KD. The influence of storage and indenter load on the Knoop hardness of dental composites polymerized with LED and halogen technologies. *Dent Mater* 2004; 20(1):21-8.
21. Stahl F, Ashworth SH, Jandt KD, Mills RW. Light-emitting diode (LED) polymerisation of dental composites: flexural properties and polymerisation potential. *Biomaterials* 2000; 21(13):1379-85.
22. Bouschlicher M, Berning K, Qian F. Describing Adequacy of cure with maximum hardness ratios and non-linear regression. *Oper Dent* 2008; 33(3):312-20.
23. Arikawa H, Kanie T, Fujii K, Takahashi H, Ban S. Effect of inhomogeneity of light from light curing units on the surface hardness of composite resin. *Dent Mater J* 2008; 27(1):21-8.
24. Alpöz AR, Ertugrul F, Cogulu D, Ak AT, Tanoglu M, Kaya E. Effects of light curing method and exposure time on mechanical properties of resin based dental materials. *Eur J Dent* 2008; 2(1):37-42.
25. Cavalcante LM, Valentino TA, Carlini B Jr, Silikas N, Pimenta LA. Influence of different exposure time required to stabilize hardness values of composite resin restorations. *J Contemp Dent Pract* 2009; 10(2):42-50.
26. Price RB, Felix CA. Effect of delivering light in specific narrow bandwidths from 394 to 515nm on the micro-hardness of resin composites. *Dent Mater* 2009; 25(7): 899-908.
27. Corciolani G, Vichi A, Davidson CL, Ferrari M. The influence of tip geometry and distance on light-curing efficacy. *Oper Dent* 2008; 33(3):325-31.
28. Calheiros FC, Daronch M, Rueggeberg FA, Braga RR. Influence of irradiant energy on degree of conversion, polymerization rate and shrinkage stress in an experimental resin composite system. *Dent Mater* 2008; 24(9):1164-8.
29. Della Bona A, Rosa V, Cecchetti D. Influence of shade and irradiation time on the hardness of composite resins. *Braz Dent J* 2007; 18(3):231-4.

30. Rueggeberg FA, Caughman WF, Curtis JW Jr. Effect of light intensity and exposure duration on cure of resin composite. *Oper Dent* 1994; 19(1):26-32.
31. Mobarak E, Elsayad I, Ibrahim M, El-Badrawy W. Effect of LED light-curing on the relative hardness of tooth-colored restorative materials. *Oper Dent* 2009; 34(1):65-71.
32. Moore BK, Platt JA, Borges G, Chu TM, Katsilieri I. Depth of cure of dental resin composites: ISO 4049 depth and microhardness of types of materials and shades. *Oper Dent* 2008; 33(4):408-12.
33. El-Mowafy O, El-Badrawy W, Wasef M, Omar H, Kerman-shahi S. Efficacy of new LED light-curing units in hardening of Class II composite restorations. *J Can Dent Assoc* 2007; 73(3):253.
34. Shortall AC. How light source and product shade influence cure depth for a contemporary composite. *J Oral Rehabil* 2005; 32(12):906-11.
35. Tanoue N, Koishi Y, Matsumura H, Atsuta M. Curing depth of different shades of a photo-activated prosthetic composite material. *J Oral Rehabil* 2001; 28(7):618-23.
36. Polydorou O, Manolakis A, Hellwig E, Hahn P. Evaluation of the curing depth of two translucent composite materials using a halogen and two LED curing units. *Clin Oral Investig* 2008; 12(1):45-51.
37. Thomé T, Steagall W Jr, Tachibana A, Braga SR, Turbino ML. Influence of the distance of the curing light source and composite shade on hardness of two composites. *J Appl Oral Sci* 2007; 15(6):486-91.
38. Koupis NS, Martens LC, Verbeeck RM. Relative curing degree of polyacid-modified and conventional resin composites determined by surface Knoop hardness. *Dent Mater* 2006; 22(11):1045-50.

Endereço para correspondência:

André Mallmann
Rua Venâncio Aires, 1795, sala 71, Centro
97010-003 Santa Maria - RS.
Fones: (55) 32239506, (55) 96539692.
E-mail: andremallmann@uol.com.br

Recebido: 01.09.2010 Aceito: 31.05.2011