

Efeito da intensidade de luz, distância e tempo de fotoativação sobre a interface esmalte-resina composta - análise por microscopia eletrônica de varredura

Effect of light intensity, distance and light curing time on resin-composite to enamel adaptation – analysis by scanning electronic microscopy

Celso Afonso Klein-Júnior*
Fábio Herrmann Coelho-de-Souza**
Alcebíades Nunes Barbosa***
Eduardo Galia Reston****
Ricardo Baumhardt-Neto*****

Resumo

O objetivo deste estudo foi analisar por microscopia eletrônica de varredura (MEV) a adaptação esmalte-resina composta, variando intensidade de luz, tempo de fotoativação e distância da ponteira à resina. Foram confeccionadas 48 cavidades (2,2 mm de diâmetro e 4 mm de profundidade) nas superfícies vestibular, lingual, mesial e distal de 12 molares extraídos. As cavidades ($n = 48$) foram restauradas em incremento único com resina composta (Supreme®), fotoativadas observando os fatores: 180 ou 580 mW.cm⁻², 20 ou 40s de fotoativação, ponteira justaposta à resina ou afastada 8 mm. Os grupos estão descritos como: G1 - 20s x 180 mW.cm⁻² x 0 mm; G2 - 40s x 180 mW.cm⁻² x 0 mm; G3 - 20s x 580 mW.cm⁻² x 0 mm; G4 - 40s x 580 mW.cm⁻² x 0 mm; G5 - 20s x 180 mW.cm⁻² x 8 mm; G6 - 40s x 180 mW.cm⁻² x 8 mm; G7 - 20s x 580 mW.cm⁻² x 8 mm; G8 - 40s x 580 mW.cm⁻² x 8 mm. As cavidades restauradas foram preparadas para serem analisadas em MEV a fim de se observar a adaptação adesiva. Por meio dos resultados do teste não paramétrico de Kruskal-Wallis ($\alpha = 0,05$), verificou-se que existe diferença significativa entre os grupos. Observou-se que os grupos 1, 2, 5 e 6 apresentaram melhor adaptação que os grupos 3, 4 e 7. O grupo 8 não apresentou diferença significativa em relação aos demais grupos. Na comparação entre os grupos, as menores desadaptações evidenciaram-se

ao se trabalhar com baixa intensidade da fonte de luz. O tempo de ativação e a distância da fonte à resina não tiveram influência na adaptação das restaurações.

Palavras-chave: Adaptação marginal. Resinas compostas. Contração.

Introdução

As resinas compostas fotoativadas, introduzidas no mercado na década de 1970, revolucionaram a odontologia clínica, maximizando o trabalho do profissional¹. Estas resinas possuem muitas vantagens quando comparadas às resinas quimicamente ativadas, incluindo menor porosidade e descoloração, longevidade considerável e fácil manipulação.

Muitos fatores podem influenciar diretamente na polimerização do compósito odontológico durante a exposição à luz, conseqüentemente afetando as propriedades do material já no momento da polimerização². Assim, intensidade adequada de luz, distância entre ponteira fotoativadora e resina e fotoativação são fatores fundamentais na qualidade final do compósito odontológico, influenciando no

* Doutor em Ciência dos Materiais/Biomateriais e Polímeros, professor da Universidade Luterana do Brasil, Cachoeira do Sul – RS.

** Doutor em Dentística, professor da Universidade Federal de Pelotas - RS.

*** Doutores em Dentística, professores da Universidade Luterana do Brasil, Canoas - RS e da Universidade de Santa Cruz do Sul.

**** Doutor em Química, professor da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

seu sucesso clínico e proporcionando longevidade ao material restaurador³⁻¹⁰.

Os compósitos odontológicos fotoativados têm um limite máximo de polimerização, que nos metacrilatos está em grande parte dependente da mobilidade da cadeia polimérica. De certa forma, a polimerização das resinas pode chegar próxima a esse limite ou ainda ficar aquém, pois é dependente da intensidade de luz requerida para esse processo¹¹. Duração e intensidade de exposição à luz são fatores importantes para determinar dureza, resistência mecânica e contração da resina. Pesquisas recomendam a ampliação do tempo de fotoativação para compensar aumentos de distância da ponteira, a fim de evitar ou minimizar as perdas de propriedades que poderiam ocorrer¹²⁻¹⁴.

Estudos têm mostrado que a intensidade de luz deve ser superior a 233 mW.cm⁻², a fim de promover suficiente energia para uma adequada polimerização do compósito em camadas de 1 mm de espessura. Um fator que influencia a intensidade de luz, sendo de difícil controle para o profissional, é a distância entre a ponteira e a resina. Estudos mostram que tempos maiores de fotoativação podem reduzir perdas geradas com o aumento da distância¹⁵⁻¹⁸. Outros trabalhos mostram que o uso de altas intensidades de luz durante a polimerização de resinas compostas afeta negativamente a integridade da adaptação dente-material restaurador, gerando fendas e desadaptações¹⁹⁻²¹, e que fotoativação pelo método *soft-start* reduz o estresse de contração da resina²²⁻²⁹.

Assim, o objetivo deste estudo foi analisar, por meio de microscopia eletrônica de varredura (MEV), a adaptação esmalte-resina composta, variando intensidade de luz (180 mW.cm⁻² ou 580 mW.cm⁻²), tempo de fotoativação (20 ou 40s) e distância da ponteira à resina (ponteira justaposta à resina ou distando 8 mm desta).

Materiais e método

Aspectos éticos

O presente trabalho foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Luterana do Brasil.

Confecção das restaurações

Para este estudo foram utilizados 12 dentes molares hígidos (sem fratura), limpos com escova de náilon e água corrente e armazenados em formalina 10% por período de trinta dias. A porção radicular dos dentes foi inserida no interior de tubos circulares (20 mm de diâmetro) de PVC (Tigre®, Joinville, SC, Brasil) e fixada com resina epóxica (Araldite Epóxi®, Brascola, Joinville, SC, Brasil), aguardando-se a cura completa do material. Em alta velocidade

e sob abundante refrigeração, 48 cavidades foram confeccionadas nas faces livres dos dentes (mesial, distal, vestibular e lingual), sendo realizado um preparo em cada face (12 dentes X 4 faces), com ponta diamantada (KG Sorensen®, São Paulo, SP, Brasil) nº 3139 (2,1 mm diâmetro x 8,0 mm comprimento). Um *stop* circular de borracha foi adaptado na ponta diamantada, o qual serviu de limitador da profundidade do preparo cavitário, a fim de não ultrapassar 4,0 mm. Em razão disso, todos os preparos atingiram dentina.

O protocolo restaurador foi assim desenvolvido: aplicação de ácido fosfórico 37% (Villevie®, Joinville, SC, Brasil) em todo preparo por 15s, lavagem com água pelo mesmo tempo, secagem com papel absorvente (Mellita®, São Paulo, SP, Brasil), aplicação do sistema adesivo (Single Bond®, 3M-ESPE, St. Paul, MN, EUA), conforme instruções do fabricante, e fotoativação. A fotoativação foi realizada segundo a metodologia: 180 mW.cm⁻² (Elipar TriLight®, 3M-ESPE, St. Paul, MN, EUA) ou 580 mW.cm⁻² (XL 2500®, 3M-ESPE, St. Paul, MN, EUA) de intensidade da fonte; ponteira justaposta (0 mm) ou a 8 mm de afastamento; tempo de 20 ou 40s de fotoativação.

Ambos os aparelhos fotoativadores foram submetidos à medição do comprimento de onda (λ), conforme Figura 1, em aparelho de espectroscopia *laser* (Departamento de Física, UFRGS). A resina composta Supreme® (3M-ESPE, St. Paul, MN, EUA) foi inserida nas cavidades em incremento único e fotoativada, observando-se os fatores de cada grupo: G1 - 20s x 180 mW.cm⁻² x 0 mm; G2 - 40s x 180 mW.cm⁻² x 0 mm; G3 - 20s x 580 mW.cm⁻² x 0 mm; G4 - 40s x 580 mW.cm⁻² x 0 mm; G5 - 20s x 180 mW.cm⁻² x 8 mm; G6 - 40s x 180 mW.cm⁻² x 8 mm; G7 - 20s x 580 mW.cm⁻² x 8 mm; G8 - 40s x 580 mW.cm⁻² x 8 mm.

Dessa forma, foram obtidas 48 faces restauradas (seis por grupo), distribuídas em oito grupos. Todos os dentes foram armazenados em água destilada por período de sete dias, submetidos à termociclagem (500 ciclos de 5-55 °C) e mantidos novamente em água destilada por sete dias à temperatura de 37 °C.

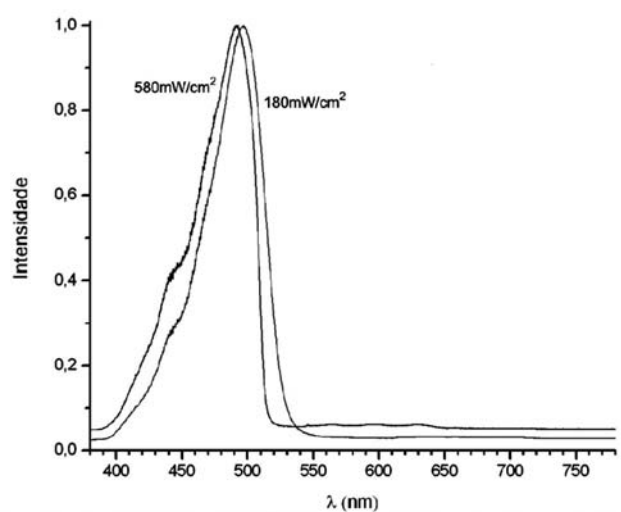


Figura 1 - Características de emissão das fontes ativadoras de alta e baixa intensidade (a intensidade ordenada está normalizada)

Preparo das amostras para MEV

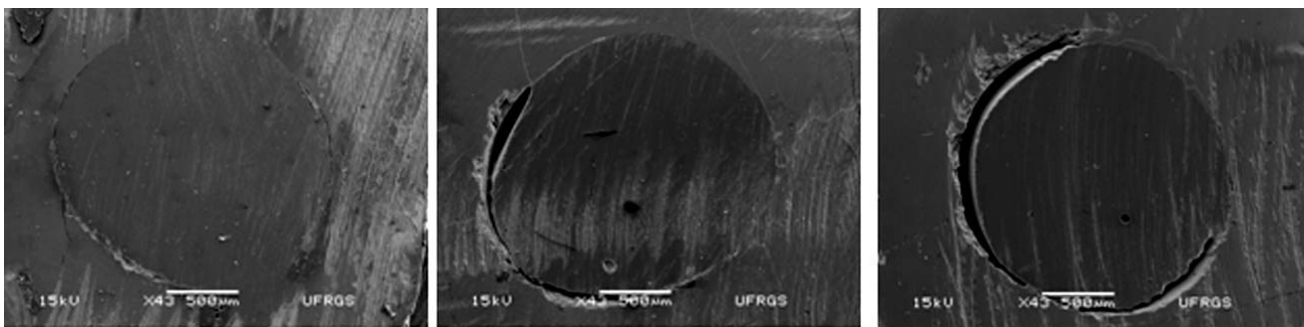
Os dentes foram seccionados com disco flexível de diamante 7012 (KG Sorensen®, São Paulo, SP, Brasil) em baixa rotação, sob refrigeração, com quatro cortes, de forma a ser removido um fragmento quadrado de dente o qual contivesse o preparo cavitário restaurado.

Os 48 fragmentos foram mantidos em oito recipientes identificados, contendo seis corpos-de-prova por grupo. Foi realizado o polimento (sob a restauração) dos corpos-de-prova com lixas de granulação 1000, 1500 e 2000 na politriz (lixas 3M®, 3M, Sumaré, SP, Brasil), os quais foram inseridos em cuba de ultrassom para eliminar resíduos. Em seguida, as amostras foram preparadas para a avaliação em

MEV, seguindo os passos de secagem, montagem em stubs e metalização pela vaporização em ouro-carbono. Foi observada nas imagens a presença ou ausência de desconformidades na interface esmalte-resina composta do perímetro cavitário.

As desconformidades no perímetro cavitário foram mensuradas utilizando-se o software CorelDraw 12.0 e classificadas segundo os escores 0, 1 ou 2 (Fig. 2), onde o escore 0 representa ausência de desconformidade no perímetro cavitário; o escore 1, presença de desconformidade em menos de 50% do perímetro cavitário; o escore 2, presença de desconformidade em mais de 50% do perímetro cavitário.

Para a comparação entre os grupos foi utilizado o teste não paramétrico Kruskal-Wallis ($\alpha = 0,05$).



Escore 0 - ausência de desconformidade no perímetro cavitário.

Escore 1 - presença de desconformidade em menos de 50% do perímetro cavitário.

Escore 2 - presença de desconformidade em mais de 50% do perímetro cavitário.

Figura 2 - Ilustração dos escores utilizados para análise da interface esmalte-resina composta no perímetro cavitário

Resultados

Os resultados referentes aos escores utilizados para mensurar os níveis de desconformidades podem ser observados nas Tabelas 1 a 3 e visualizados nas Figuras 3 e 4. Por meio dos resultados do teste não paramétrico de Kruskal-Wallis verifica-se que existe

diferença significativa entre os grupos comparados. Observa-se que os grupos 1, 2, 5 e 6 apresentaram escores significativamente inferiores aos grupos 3, 4 e 7. O grupo 8 não apresentou diferença significativa em relação a nenhum dos outros grupos (estatística do teste = 32,06; $p = 0,000$).

Tabela 1 - Escores (0, 1 ou 2) da interface esmalte-restauração em cada um dos seis preparos cavitários de cada grupo

Grupos/Fatores	Preparos cavitários					
	1	2	3	4	5	6
1 20s/180 mW.cm ² /0 mm	1	0	0	0	1	0
2 40s/180 mW.cm ² /0 mm	0	0	0	0	1	0
3 20s/580 mW.cm ² /0 mm	1	2	1	2	2	2
4 40s/580 mW.cm ² /0 mm	1	1	2	1	1	2
5 20s/180 mW.cm ² /8 mm	0	0	0	0	0	0
6 40s/180 mW.cm ² /8 mm	0	0	0	1	0	0
7 20s/580 mW.cm ² /8 mm	1	2	1	1	2	1
8 40s/580 mW.cm ² /8 mm	1	2	1	2	0	1

Endereço para correspondência

Tabela 2 - Comparação dos escores dos grupos

Grupo	Resultado			Total
	Escore 0	Escore 1	Escore 2	
Grupo 1 ^A	4 66,7%	2 33,3%		6 100,0%
Grupo 2 ^A	5 83,3%	1 16,7%		6 100,0%
Grupo 3 ^B		2 33,3%	4 66,7%	6 100,0%
Grupo 4 ^B		4 66,7%	2 33,3%	6 100,0%
Grupo 5 ^A	6 100,0%			6 100,0%
Grupo 6 ^A	5 83,3%	1 16,7%		6 100,0%
Grupo 7 ^B		4 66,7%	2 33,3%	6 100,0%
Grupo 8 ^{AB}	1 16,7%	3 50,0%	2 33,3%	6 100,0%
Total	21 43,8%	17 35,4%	10 20,8%	48 100,0%

Tabela 3 - Escores médios para cada grupo

Grupo	Nº casos	Escore médio
Grupo 3	6	1,67
Grupo 4	6	1,33
Grupo 7	6	1,33
Grupo 8	6	1,17
Grupo 1	6	0,33
Grupo 2	6	0,17
Grupo 6	6	0,17
Grupo 5	6	0,00

Discussão

A grande força de contração exercida pela resina quando fotoativada pode produzir uma falha considerável na região da adaptação dente-restauração⁶. As forças geradas durante essa contração podem ser superiores à força de união produzida pelo sistema adesivo quando alta intensidade de luz age sobre o compósito. Esta alta intensidade de luz afeta negativamente a integridade da adaptação, conforme já relatado^{8,19}, pois, quando a intensidade de luz é considerada baixa (menos que 233 mW.cm⁻²), essa integridade interfacial pode ser preservada sem o surgimento de fendas ou falhas. Aliado a isso, a proximidade entre a ponteira fotoativadora e a restauração parece ser também a responsável pela desadaptação¹².

No entanto, cabe salientar que a contração por polimerização não é o único agente responsável pela formação de fendas, pois as tensões desenvolvidas pela contração também estão agindo e são diretamente relacionadas à rigidez do material, o que é explicado pela lei de Hooke³⁰. Dessa forma, quanto mais elevado for o módulo de elasticidade dos materiais resinosos a base de metacrilato, maior será a tensão gerada quando se contraem³¹.

A contração de polimerização é um fator crítico que afeta a longevidade e aceitabilidade de materiais restauradores diretos, a qual pode ser minimizada por procedimentos que envolvam variações na intensidade de luz e distância entre ponteira e resina¹⁴. A relação entre a intensidade de luz e distância da ponteira é inversamente proporcional, pois a intensidade diminui com o aumento da distância. Porém, este aumento de distância não deveria ultrapassar 4 mm, pois ocorre, dessa forma, um grande decréscimo de polimerização^{13,14}.

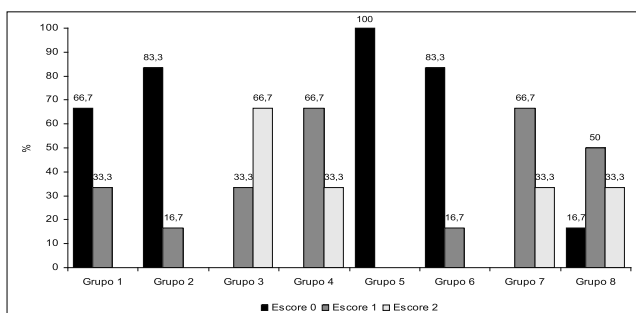


Figura 3 - Comparação dos escores entre os grupos

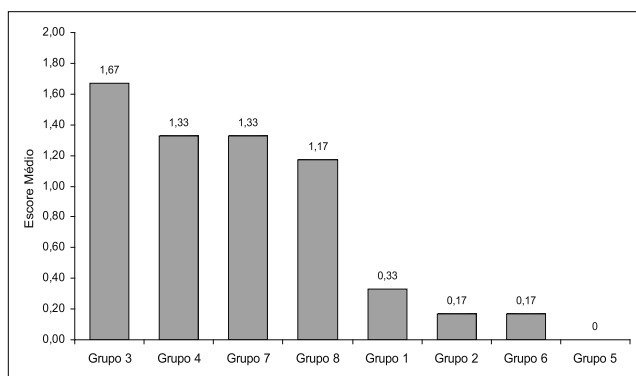


Figura 4 - Escores médios para cada grupo

Pode-se perceber que, quando houve a comparação da intensidade alta com a baixa, sem variações de tempo e na distância, os escores acusaram valores altos de desadaptações. Verifica-se também a pequena influência do tempo de fotoativação e da distância da ponteira à resina enquanto a alta intensidade estiver agindo^{19,21}. O fato de a resina desadaptar-se, rompendo a adesão ao substrato, provavelmente ocorre por uma força de contração superior à adesão. Assim, a contração da massa de resina é tão significativa que resulta em falhas consideráveis na periferia do esmalte, conforme verificado pela quantidade de resina.

As restaurações analisadas foram inseridas em incremento único e não foi exercida pressão sobre este durante a fotoativação, uma vez que a aplicação de pressão sobre a resina durante a fotoativação pode melhorar propriedades mecânicas²⁹.

O grau de reticulação e propriedades mecânicas da resina composta são dependentes dos fatores já descritos, os quais agem em conjunto^{13,14,16,26}. Dessa forma, a intensidade nominal da fonte está relacionada com a distância da ponteira; logo, aumentos de distância poderiam ser compensados pelo aumento da intensidade. Na prática clínica não é possível aumentar intensidade de luz; dessa forma, existe uma tendência a se aumentar o tempo de exposição de luz para compensar as perdas da intensidade. Verifica-se que, em relação à desadaptação dente-restauração, um aumento do tempo de fotoativação não produziu diferenças significativas, no entanto gerou ganhos de propriedades mecânicas¹⁵.

Controvérsias existem sobre quais são a melhor intensidade de luz e o melhor tempo de ativação. Redução de intensidade gera redução de tensão²⁰, mas, ao mesmo tempo, pode gerar deficiências de polimerização. Cabe decidir qual propriedade é mais significativa para o momento. Talvez incrementos de resina composta, quando inseridos em partes profundas de cavidades, poderiam ser fotoativados com a ponteira distante, a fim de reduzir intensidade e produzir ganhos na adaptação. Contudo, ainda vale lembrar que, no caso, a reticulação do polímero será menor e mais monômeros residuais estão livres.

Conclusão

Na comparação entre os grupos, as menores desadaptações foram verificadas ao se trabalhar com baixa intensidade da fonte de luz. O tempo de ativação e a distância da fonte não tiveram influência na adaptação das restaurações.

Agradecimentos

Ao Centro de Microscopia Eletrônica e Microanálise da Ulbra e ao Centro de Microscopia Eletrônica da UFRGS.

Abstract

The aim of this study was to analyze the marginal adaptation in enamel / composite resin interface by scanning electronic microscopy when varying light intensity, distance and light curing time of the material. Twelve teeth were used for preparing forty-eight cavities (2,2 mm diameter x 4 mm deep) in buccal, lingual, mesial and distal surface). The cavities were restored applying a nanofilled resin (Supreme™, 3M-ESPE) in a single layer, and cured by the following variables: 180 or 580 mW.cm⁻², 20 or 40 seconds of irradiation time, 0 mm or 8 mm of distance. The groups were described as: G1 - 20s x 180 mW.cm⁻² x 0 mm; G2 - 40s x 180 mW.cm⁻² x 0 mm; G3 - 20s x 580 mW.cm⁻² x 0 mm; G4 - 40s x 580 mW.cm⁻² x 0 mm; G5 - 20s x 180 mW.cm⁻² x 8 mm; G6 - 40s x 180 mW.cm⁻² x 8 mm; G7 - 20s x 580 mW.cm⁻² x 8 mm; G8 - 40s x 580 mW.cm⁻² x 8 mm. The restorations were prepared for SEM evaluation intending to analyze enamel / composite resin interface. The results were submitted to Kruskal-Wallis analysis ($\alpha = 0,05$). Groups 1, 2, 5 and 6 showed better marginal fitting when compared to groups 3, 4 and 7. Group 8 did not show statistical difference. It is possible to conclude that, between groups, the less marginal adaptation was found at the low intensity. Both light curing time and distance did not show influence on marginal adaptation.

Key words: Marginal adaptation. Composite resins. Shrinkage.

Referências

1. Yap AUJ, Seneviratne C. Influence of light energy density on effectiveness of composite cure. *Oper Dent* 2001; 26(5):460-6.
2. Chung CM, Kim JG, Kim MS, Kim KM. Development of a new photocurable resin with reduced curing shrinkage. *Dent Mater* 2002; 18(2):174-8.
3. Asmussen E. Restorative resins: hardness and strength vs quantity of remaining double bonds. *Scand J Dent Res* 1982; 90(6):484-9.
4. Ruyter IE, Oysaed H. Conversion in different depths of ultraviolet and visible light activated composite materials. *Acta Odontol Scand* 1982; 40(3):179-92.
5. Lutz F, Phillips RW. A classification and evaluation of composite resin systems. *J Prosthet Dent* 1983; 50(4):480-8.
6. Year JA. Factors affecting cure of visible light activated composites. *Int Dent J* 1985; 35(3):218-25.
7. American Dental Association Council on Dental Materials, Instruments, and Equipment. Visible light-cured composites and activating units. *J Am Dent Assoc* 1985; 110:100-3.
8. Unterbrink GL, Muessner R. Influence of light intensity on two restorative systems. *J Dent* 1995; 23(3):183-9.
9. 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.
10. Aguiar FHB, Lazzari CR, Lima DAN, Ambrosano GMB, Lovadino JR. Effect of light curing tip distance and resin shade on microhardness of a hybrid resin composite. *Braz Oral Res* 2005; 19(4):302-6.
11. Beun S, Glorieux T, Devaux J, Vreven J, Leloup G. Characterization of nanofilled to universal and microfilled composites. *Dent Mat* 2007; 23(1):51-9.
12. Hirabayashi S, Hirasawa T, Nakanishi S. Factors affecting depths of cure of visible light-cured composite resin. *Dent Mat* 1984; 3(6):719-29.

13. Pires JAF, Cvitko E, Denehy GE, Swift Jr EJ. Effects of curing tip distance on light intensity and composite resin microhardness. *Dent Res* 1993; 24(7):517-21.
14. Rueggeberg FA, Jordan DM. Effect of light-tip distance on polymerization of resin composite. *Int J Prosthodont* 1993; 6(4):364-70.
15. Baharav H, Abraham D, Cardash HS, Helft M. Effect of exposure time on the depth of polymerization of a visible light-cured composite resin. *J Oral Rehabil* 1988; 15(2):167-72.
16. Nomoto R, Uchida K, Hirasawa T. Effect of light intensity on polymerization of light-cured composite resins. *Dent Mat J* 1994; 13(2):198-205.
17. Soh MS, Yap AUJ, Siow KS. Comparative depths of cure among various curing light types and methods. *Oper Dent* 2004; 29(1):9-15.
18. Knobloch LA, Kerby RE, Clelland N, Lee J. Hardness and degree of conversion of posterior packable composites. *Oper Dent* 2004; 29(6):642-9.
19. Feilzer AJ, Dooren LH, de Gee AJ, Davison CL. Influence of light intensity on polymerization shrinkage and integrity of restoration-cavity interface. *Eur J Oral Sci* 1995; 103(5):32-326.
20. Dennison JB, Yaman P, Seir R, Hamilton J. Effect of variable light intensity on composite shrinkage. *J Prost Dent* 2000; 84(5):499-505.
21. Visuanathan 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 Mat* 2007; 23(7):777-84.
22. Mehl A, Hickel R, Kunzelmann KH. Physical properties and gap formation of light-cured composites with and without "softstart-polymerization". *J Dent* 1997; 25(3-4):321-30.
23. Kanca J, Suh BI. Pulse activation: reducing resin-based composite contraction stresses at the enamel cavosurface margins. *Am J Dent* 1999; 12(3):107-12.
24. Bouschlicher MR, Rueggeberg FA, Boyer DB. Effect of stepped light intensity on polymerization force and conversion in a photoactivated composite. *J Esthet Dent* 2000; 12(6):23-32.
25. Sahafi A, Peutzfeldt A, Asmussen E. Soft-start polymerization and marginal gap formation *in vitro*. *Amer J Dent* 2001; 14(3):145-7.
26. Yoshikawa T, Burrow MF, Tagami J. A light curing method for improving marginal sealing and cavity wall adaptation of resin composite restorations. *Dent Mater* 2001; 17(4):359-66.
27. Ernst CP, Brand N, Frommator U, Ripplin G, Willershausen B. Reduction of polymerization shrinkage stress and marginal microleakage using soft-start polymerization. *J Esthet Restor Dent* 2003; 15(6):93-103.
28. Rueggeberg FA, Caughman WF, Curtis JW, Davis HC. Factors affecting cure and depths within light-activated resin composite. *Am J Dent* 1993; 6(2):91-9.
29. Brosh T, Baharav H, Gross O, Laufer BZ. The influence of surface loading and irradiation time during curing on mechanical properties of a composite. *J Prosthet Dent* 1997; 77(6):573-7.
30. Davidson CL, Feilzer AJ. Polymerization shrinkage and polymerization shrinkage stress in polymer-based restoratives. *J Dent* 1997; 25(6):435-40.
31. Kleverlaan C, Feilzer A. Polymerization shrinkage and contraction stress of dental resin composite. *Dent Mater* 2005; 21(12):1150-7.

Endereço para correspondência

Celso Afonso Klein-Júnior
 Rua Martinho Lutero, 301 - Ulbra
 96501-595 - Cachoeira do Sul - RS
 Fone: (51) 9968.7105
 E-mail: profcelso Klein@yahoo.com.br