

# Influência da distância de fotoativação na microdureza de um compósito de baixa contração de polimerização

*Influence of the light curing distance on the microhardness of a low polymerization shrinkage composite*

*Influencia de la distancia de fotoactivación en la microdureza de un material compuesto de baja contracción de polimerización*

Bruna Cilene Martins da **Silveira**<sup>1</sup>  
 Larissa Sgarbosa Napoleão de **Araújo**<sup>2</sup>  
 Gláucia Maria Bovi **Ambrosano**<sup>3</sup>  
 Giselle Maria **Marchi**<sup>4</sup>  
 Flávio Henrique Baggio **Aguiar**<sup>5</sup>  
 Anderson **Catelan**<sup>6</sup>

<sup>1</sup> *Graduanda, Faculdade de Odontologia de Piracicaba, UNICAMP, Piracicaba - SP, Brasil*

<sup>2</sup> *Doutoranda, Programa de Pós-Graduação em Clínica Odontológica, Área de Dentística, Faculdade de Odontologia de Piracicaba, UNICAMP, Piracicaba - SP, Brasil*

<sup>3</sup> *Professora Titular, Departamento de Odontologia Social, Área de Bioestatística, Faculdade de Odontologia de Piracicaba, UNICAMP, Piracicaba - SP, Brasil*

<sup>4</sup> *Professora Associada, Departamento de Odontologia Restauradora, Área de Dentística, Faculdade de Odontologia de Piracicaba, UNICAMP, Piracicaba - SP, Brasil*

<sup>5</sup> *Professor Doutor, Departamento de Odontologia Restauradora, Área de Dentística, Faculdade de Odontologia de Piracicaba, UNICAMP, Piracicaba - SP, Brasil*

<sup>6</sup> *Pós-Doutorando, Departamento de Odontologia Restauradora, Área de Dentística, Faculdade de Odontologia de Piracicaba, UNICAMP, Piracicaba - SP, Brasil*

## Resumo

O objetivo deste estudo foi avaliar a influência da distância de fotoativação na microdureza de uma resina composta de baixa contração de polimerização. Amostras (5 mm x 2 mm) foram confeccionados com um compósito a base de silorano e polimerizados com as distâncias de 0, 2 e 4 mm entre a ponta do fotopolimerizador e a superfície do material. A microdureza das superfícies de topo e base foi avaliada usando um microdurômetro, com carga de 50 g durante 15 s utilizando um indentador Knoop. Os dados foram estatisticamente analisados pelos testes de ANOVA e Tukey ( $\alpha = 0,05$ ). Quando as amostras foram fotopolimerizada à 4 mm de distância a microdureza foi reduzida em comparação as distâncias de 0 e 2 mm ( $p < 0,001$ ), que não apresentaram diferença estatística entre si ( $p > 0,05$ ), e a superfície de topo apresentou maior microdureza do que a base ( $p < 0,001$ ). Durante a restauração de cavidades profundas o uso de aparelhos de fotoativação com maior irradiância é recomendado para se obter melhores propriedades físicas.

**Descritores:** Resinas Compostas; Dureza; Polimerização.

## Abstract

The aim of this study was to evaluate the influence of distance light curing on the microhardness of a low polymerization shrinkage composite resin. Samples (5 mm x 2 mm) were carried out of a silorane-based composite and polymerized at 0, 2, and 4 mm of distance between the tip of light-curing unit and the material surface. The microhardness of the top and bottom surfaces was measured using a microhardness tester with a load of 50 g for 15 sec using a Knoop indenter. Data were statistically analyzed by ANOVA and Tukey's tests ( $\alpha = 0.05$ ). When the samples were polymerized at 4 mm of distance the microhardness was reduced compared to distances of 0 and 2 mm ( $p < 0.001$ ), which showed no statistical difference between them ( $p > 0.05$ ), and the top surface showed higher microhardness than bottom ( $p < 0.001$ ). During the restoration of deep cavities the use of light-curing units with higher irradiance is recommended to obtain improved physical properties.

**Descriptors:** Composite Resins; Hardness; Polymerization.

## Resumen

El objetivo de este estudio ha sido evaluar la influencia de la distancia sobre la microdureza de una resina compuesta fotocurado polimerización baja contracción. Se hicieron las muestras (5 mm x 2 mm) a partir de un material compuesto de silorano y polimerizados con las distancias de 0, 2 y 4 mm entre la punta y la superficie del material curado. La microdureza de las superficies superiores e inferiores ha sido medida utilizando un medidor de microdureza con una carga de 50 g durante 15 s usando un indentador Knoop. Los datos han sido analizados estadísticamente por ANOVA y prueba de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ). Cuando las muestras se polimerizaron a 4 mm de distancia, la microdureza se redujo en comparación a las distancias de 0 y 2 mm ( $p < 0,001$ ), que no han presentado ninguna diferencia estadística entre ellas ( $p > 0,05$ ), y la superficie superior ha presentado mayor microdureza comparada a la base ( $p < 0,001$ ). Durante la restauración de cavidades profundas es recomendable el uso de aparatos de fotoactivación con un mayor nivel de irradiación para obtener mejores propiedades físicas.

**Descritores:** Resinas Compuestas; Dureza; Polimerización.

## INTRODUÇÃO

A resina composta de uso odontológico foi desenvolvida na década de 60, e desde aquela época diversas modificações foram realizadas em sua composição. Com a procura cada vez maior por procedimentos estéticos, aliada a melhora nas propriedades físicas e químicas dos compósitos, assim como na simplificação dos procedimentos adesivos, o uso direto da resina composta em dentes anteriores e posteriores tem aumentado significativamente.<sup>1,2</sup>

Este material é composto basicamente por uma matriz orgânica monomérica, a qual na grande maioria das resinas é constituída por monômeros a base de metacrilato, conteúdo inorgânico de partículas de carga, agente de união e fotoiniciador.<sup>3</sup> Um problema inerente destes materiais restauradores a base de metacrilato é a contração de polimerização, que varia de 1,9 a 3,5% em volume, além de uma significativa quantidade de monômeros não reagidos, devido a incompleta conversão das duplas ligações de carbono.<sup>4-6</sup>

Entretanto, quanto maior a taxa de conversão de monômeros em uma rede polimérica, uma maior tensão devido a contração do material é observada.<sup>7</sup> Clinicamente, esta tensão pode resultar em diversos problemas, tais como deflexão de cúspides, falhas na interface adesiva, sensibilidade pós-operatória, microinfiltração, manchamento marginal, cárie secundária e fraturas na restauração e no dente, afetando a longevidade clínica das restaurações adesivas com compósitos odontológicos.<sup>8-10</sup>

Na tentativa de minimizar algumas destas deficiências, um novo sistema monomérico foi desenvolvido a partir da reação dos componentes siloxano e oxirano, denominado silorano.<sup>5,9,11,12</sup> Este material apresenta menor contração volumétrica, menos de 1%, e propriedades mecânicas comparáveis aos compósitos a base de metacrilato.<sup>5,12</sup> Diferentemente da polimerização pela formação de radicais livres dos monômeros metacrilatos, a polimerização do silorano ocorre pela abertura de anéis

por meio de uma reação catiônica, resultando em menor contração de polimerização.<sup>5,9,11</sup>

A potência de luz do fotopolimerizador está relacionada com a obtenção de propriedades adequadas dos materiais resinosos fotoativados.<sup>13,14</sup> Na prática clínica diária os odontólogos frequentemente se deparam com cavidades profundas a serem restauradas. Uma vez que esta situação não pode ser controlada pelo profissional, estando relacionada com a extensão da cárie ou fratura, tais cavidades podem receber uma menor irradiância devido ao aumento da distância entre a ponta do aparelho de ativação e a superfície a ser irradiada.<sup>15</sup> Este fato pode resultar em uma menor taxa de conversão o que poderia afetar negativamente as propriedades mecânicas, tal como a microdureza, uma vez que esta propriedade tem relação direta com o grau de conversão quando um mesmo material resinoso é testado.<sup>13,16,17</sup>

Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar a influência do aumento da distância entre a ponta do fotopolimerizador e a superfície do material irradiado sobre a microdureza de uma resina composta a base de silorano nas superfícies de topo e base. A hipótese de pesquisa testada seria que o aumento da distância de fotoativação diminuiria a microdureza do compósito.

## MATERIAL E MÉTODO

O delineamento experimental usado neste estudo foi o arranjo em um bloco completo randomizado, constituído por um fator (distância de fotoativação em três níveis: 0, 2 e 4 mm) e um subfator (superfície analisada em dois níveis: topo e base). Uma resina composta microhíbrida de baixa contração de polimerização foi avaliada (Filtek P90; 3M ESPE, St. Paul, MN, EUA). Informações detalhadas sobre o compósito estão apresentadas na Tabela 1.

Para a confecção dos corpos-de-prova (n = 10) uma matriz de politetrafluoretileno (Teflon) foi usada,

com 5 mm de diâmetro interno e 2 mm de espessura. Sobre uma placa de vidro foi colocada uma tira de poliéster e sobre esta foi posicionada a matriz de teflon, então a resina composta foi inserida em um único incremento e uma nova tira de poliéster foi colocada sobre a matriz. Para planificar a superfície, remover o excesso de material e prevenir a formação de bolhas o conjunto foi pressionado com um peso de 500 g e mantido por 1 min.

A polimerização foi realizada durante 20 s de acordo com a recomendação do fabricante à distância de 0, 2 e 4 mm com um LED (*light-emitting diode*, diodo emissor de luz) de segunda geração (Bluephase 16i; Ivoclar Vivadent, Bürs, Áustria), com 1390 mW/cm<sup>2</sup> de irradiância, monitorada com um radiômetro (modelo 100; Kerr Demetron, Danbury, CT, EUA). O fotopolimerizador foi acoplado a um suporte para padronização da distância de fotoativação entre a ponta do aparelho e a superfície do material a ser irradiado, controlada por um paquímetro digital.

Em seguida a amostra foi removida da matriz e armazenada durante 24 h em um frasco a prova de luz em 37°C de temperatura. Decorrido esse período, as superfícies de topo e base foram polidas com lixa abrasiva de carvão de silício (SiC) com granulometria 1200 (CarbiMet 2 Discos Abrasivos; Buehler, Lake Bluff, IL, EUA), durante 30 s usando uma politriz rotatória (Aropol E; Arotec S/A Ind. e Com., Cotia, SP, Brasil).

As leituras de microdureza Knoop foram obtidas usando um microdurômetro (HNV-2T, Shimadzu, Tóquio, Japão), por meio de um indentador Knoop

com carga de 50 g durante 15 s. Cinco indentações foram realizadas em cada superfície, a primeira no centro da amostra e mais quatro a 100 µm de distância desta. A média dos 5 valores obtidos foi considerada o KHN (*Knoop hardness number*, número de dureza Knoop) de cada amostra de acordo com cada superfície.

Os dados de microdureza foram analisados primeiramente para verificar se haveria normalidade na distribuição dos dados obtidos, sendo considerados normais de acordo com o teste de Kolmogorov-Smirnov. Assim, foi realizada a análise estatística usando a análise de variância (ANOVA) 1-critério com parcela subdividida para verificar se haveria diferença e o teste de Tukey para comparações múltiplas ( $\alpha = 0,05$ ). O fator distância de fotoativação foi considerado na parcela e o subfator superfície na sub-parcela.

**Tabela 1.** Material usado neste estudo.

Material	Composição
Filtek P90 Cor A2 3M Espe, St. Paul, MN, EUA	Lote N183458 Carga: 55% em volume, sílica e trifluoreto de ítrio (0.04-1.7 µm). Resina: Bis-3,4-Epoxiciclohexiletil-Phenil-Methilsilano e 3,4-Epoxiciclohexilciclopolimethilsiloxano.

## RESULTADO

ANOVA mostrou diferença estatística para o fator distância de fotoativação ( $p < 0,001$ ) e para o subfator superfície ( $p < 0,001$ ). A interação entre o fator e subfator não apresentou diferença significativa ( $p > 0,05$ ). Os dados estão apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2.** Médias (desvio padrão) da microdureza Knoop (KgF/mm<sup>2</sup>) de acordo com a distância de fotoativação e superfície analisada.

Distância (mm)	Topo	Fundo	Dados agrupados
0	37,86 (3,98)	30,80 (5,70)	34,94 (5,56) a
2	35,83 (5,92)	29,08 (4,72)	32,46 (6,26) a
4	27,61 (4,34)	23,62 (3,40)	25,62 (4,31) b
Dados agrupados	33,77 (6,48) A	28,24 (5,71) B	

Médias seguidas por letras distintas (maiúscula comparando as superfícies e minúscula comparando as distâncias de fotoativação) são estatisticamente diferentes ( $p \leq 0,05$ )

Quando o compósito foi fotoativado a 4 mm de distância, a microdureza foi reduzida, entretanto, a distância de 2 mm não diferiu estatisticamente quando a fotoativação foi realizada com a ponta do fotopolimerizador encostada na superfície da resina (0 mm), independente da superfície analisada. A superfície de topo apresentou maior valores de KHN do que a base, independente da distância de fotoativação.

## DISCUSSÃO

Desde sua introdução no mercado odontológico, as resinas compostas têm passado por diversas modificações em sua composição visando a melhora de suas propriedades físicas e químicas. Diversos estudos têm reportado o sucesso clínico das restaurações adesivas com compósitos em longo prazo,<sup>2,18,19</sup> sendo a longevidade dependente das propriedades físicas do material.<sup>2</sup>

O grau de polimerização dos materiais resinosos pode ser avaliado por meio de diversos métodos, sendo a microdureza considerada uma técnica indireta frequentemente usada para obtenção da taxa de conversão dos monômeros em polímeros.<sup>17</sup> A avaliação da microdureza de um mesmo compósito apresenta forte correlação com os valores de grau de conversão,<sup>13,16,17</sup> sendo que esta metodologia fornece apenas a quantificação das duplas ligações de carbono convertidas. Assim um mesmo valor de grau de conversão pode resultar em diferente conteúdo de polímeros com ligações cruzadas e lineares, sendo estes últimos mais susceptíveis à degradação.<sup>7,20</sup> Aliado a estes fatos é reportado que o teste de microdureza é um teste mais sensível para detectar pequenas modificações na reação de polimerização, principalmente nos últimos estágios da polimerização.<sup>21</sup>

Clinicamente é comum a restauração de cavidades profundas em dentes posteriores, o que dificulta o posicionamento da ponta do fotopolimerizador próxima do material a ser irradiado

devido aos dentes adjacentes, uma vez que a profundidade da cavidade depende da extensão da cárie ou fratura. Neste estudo foi simulada a fotoativação da resina composta em cavidades profundas, sendo o material polimerizado a 0 (controle), 2 e 4 mm de distância. Até a distância de 2 mm não houve diferença comparada a situação controle. Entretanto, com 4 mm houve redução nos valores de microdureza, a distância promove a dispersão da luz com perda de irradiância. É reportado que apenas 1 mm entre a ponta do fotopolimerizador e a superfície do material irradiado diminui cerca de 10% da potência da intensidade de luz,<sup>22</sup> portanto a hipótese testada foi aceita.

A microdureza é fortemente influenciada pela conversão monomérica, mas também apresenta uma correlação positiva com o conteúdo inorgânico do compósito.<sup>23</sup> A menor dureza é relatada com uma pobre resistência ao desgaste,<sup>24</sup> promovendo uma menor durabilidade clínica das restaurações dentais. O uso de aparelhos polimerizados com potência adequada é fundamental para obtenção da polimerização,

A superfície de topo apresentou maior microdureza do que a base em todas as distâncias de fotoativação. Este resultado pode ser explicado pela atenuação da irradiância pela espessura do próprio compósito e espalhamento da luz pelas partículas de carga,<sup>15,25</sup> afetando a conversão monomérica na base do incremento.

Um estudo retrospectivo longitudinal<sup>2</sup> avaliou o comportamento clínico de duas resinas compostas para dentes posteriores durante 22 anos. Neste estudo, apesar de ambos compósitos apresentarem boa durabilidade, não foram observadas grandes diferenças na quantidade de falhas entre os materiais durante os primeiros 17 anos de avaliação.<sup>19</sup> Entretanto, após 22 anos as restaurações realizadas com compósito contendo maior conteúdo de carga apresentaram uma taxa de falha inferior e uma longevidade superior quando comparadas àquelas com menor conteúdo de carga.<sup>2</sup> Assim, pequenas diferenças nas propriedades físicas das resinas compostas podem não afetar a

durabilidade em curto prazo, mas em tempo mais prolongado podem afetar a longevidade clínica das restaurações dentais realizadas com compósitos odontológicos.

## CONCLUSÃO

Durante a restauração de cavidades profundas com materiais resinosos fotoativáveis o uso de aparelhos fotopolimerizadores com maior irradiância é recomendado para se obter melhores propriedades físicas, resultando em maior longevidade das restaurações adesivas.

## REFERÊNCIAS

- Catelan A, Briso AL, Sundfeld RH, dos Santos PH. Effect of artificial aging on the roughness and microhardness of sealed composites. *J Esthet Restor Dent*. 2010;22:324-30.
- Da Rosa Rodolpho PA, Donassollo TA, Cenci MS, Loguércio AD, Moraes RR, Bronkhorst EM, et al. 22-year clinical evaluation of the performance of two posterior composites with different filler characteristics. *Dent Mater*. 2011;27:955-63.
- Filho JD, Poskus LT, Guimarães JG, Barcellos AA, Silva EM. Degree of conversion and plasticization of dimethacrylate-based polymeric matrices: influence of light-curing mode. *J Oral Sci*. 2008;50:315-21.
- Asmussen E, Peutzfeldt A. Influence of selected components on crosslink density in polymer structures. *Eur J Oral Sci*. 2001;109:282-5.
- Weinmann W, Thalacker C, Guggenberger R. Siloranes in dental composites. *Dent Mater*. 2005;21:68-74.
- Van Ende A, De Munck J, Mine A, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Does a low-shrinking composite induce less stress at the adhesive interface? *Dent Mater*. 2010;26:215-22.
- Yap AU, Seneviratne C. Influence of light density on effectiveness of composite cure. *Oper Dent*. 2001;26:460-6.
- Duarte S Jr., Phark JH, Varjão FM, Sadan A. Nanoleakage, ultramorphological characteristics, and microtensile bond strengths of a new low-shrinkage composite to dentin after artificial aging. *Dent Mater*. 2009;25:589-600.
- Palin WM, Fleming GJ, Nathwani H, Burke FJ, Randall RC. In vitro cuspal deflection and microleakage of maxillary premolars restored with novel low-shrink dental composites. *Dent Mater*. 2005;21:324-35.
- Mine A, De Munck J, Van Ende A, Cardoso MV, Kuboki T, Yoshida Y, et al. TEM characterization of a silorane composite bonded to enamel/dentin. *Dent Mater*. 2010;26:524-32.
- Guggenberger R, Weinmann W. Exploring beyond methacrylates. *Am J Dent* 2000;13:82-4.
- Ilie N, Hickel R. Silorane-based dental composite: behavior and abilities. *Dent Mater J*. 2006;25:445-54.
- Calheiros FC, Daronch M, Rueggeberg FA, Braga RR. Degree of conversion and mechanical properties of a BisGMA:TEGDMA composite as a function of the applied radiant exposure. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. 2008;84:503-9.
- Calheiros FC, Daronch M, Rueggeberg FA, Braga RR. Influence of irradiant energy on the degree of conversion, polymerization rate and shrinkage stress in a experimental resin composite system. *Dent Mater*. 2008;24:1164-8.
- Aguiar FH, Lazzari CR, Lima DA, Ambrosano GM, Lovadino JR. Effect of light curing tip distance and resin shade on microhardness of a hybrid resin composite. *Braz Oral Res*. 2005;19:302-6.
- Ferracane JL. Correlation between hardness and degree of conversion during the setting reaction of unfilled dental restorative resins. *Dent Mater*. 1985;1:11-4.
- Rode KM, Kawano Y, Turbino ML. Evaluation of curing light distance on resin composite microhardness and polymerization. *Oper Dent*. 2007;32:571-8.
- Opdam NJ, Bronkhorst EM, Loomans BA, Huysmans MC. 12-year survival of composite vs. amalgam restorations. *J Dent Res*. 2010;89:1063-7.
- Wilder AD Jr, May KN Jr, Bayne SC, Taylor DF, Leinfelder KF. Seventeen-year clinical study of ultraviolet-cured posterior composite Class I and II restorations. *J Esthet Dent*. 1999;11:135-42.
- Schneider LF, Moraes RR, Cavalcante LM, Sinhoretta

- MA, Correr-Sobrinho L, Consani S. Cross-link density evaluation through softening tests: effect of ethanol concentration. *Dent Mater.* 2008;24:199-203
21. Soares LE, Martin AA, Pinheiro AL, Pacheco MT. Vicker's hardness and Raman spectroscopy evaluation of a dental composite cured by an argon laser and a halogen lamp. *J Biomed Opt.* 2004;9:601-8.
22. Prati C, Chersoni S, Montebugnoli L, Montanari G. Effect of air, dentin and resin-based composite thickness on light intensity reduction. *Am J Dent.* 1999;12:231-4.
23. Chung KH, Greener EH. Correlation between degree of conversion, filler concentration and mechanical properties of posterior composite resins. *J Oral Rehabil.* 1990;17:487-94.
24. Say EC, Civelek A, Nobecourt A, Ersoy M, Guleryus C. Wear and microhardness of different resin composite materials. *Oper Dent.* 2003;28:628-34.
25. Gonçalves F, Kawano Y, Braga RR. Contraction stress related to composite inorganic content. *Dent Mater.* 2010;26:704-9.

### **CONFLITO DE INTERESSES**

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

### **AUTOR PARA CORRESPONDÊNCIA**

Anderson Catelan  
Departamento de Odontologia Restauradora - Área de Dentística  
Faculdade de Odontologia de Piracicaba, UNICAMP  
catelan@estadao.com.br

**Submetido em** 27/03/2014  
**Aceito em** 10/04/2014