

Avaliação da microdureza e desgaste por escovação simulada de uma resina composta, em função de diferentes fontes de luz e energias de ativação

NUNES, Margareth Calvo Pessutti; PORCELLI, Ilma Carla de Souza; FRANCO, Eduardo Batista. **Avaliação da microdureza e desgaste por escovação simulada de uma resina composta, em função de diferentes fontes de luz e energias de ativação.** Oral Sci., jan/dez. 2016, vol. 8, nº 1, p. 04-09.

RESUMO: A proposta deste estudo, in vitro, foi avaliar comparativamente a microdureza superficial e desgaste de uma resina composta, Filtek™ Z250 (3M ESPE), sob influência de diferentes fontes de luz (VIP – Bisco, Ultrablue IS – DMC e Ultralume 5 – Ultradent), com variação das densidades de potência (300, 600 e acima de 800 mW/cm²) e energia (6, >8, 12, >16, 24, >32 J/cm²), totalizando 15 grupos (n = 6). A microdureza (KHN) foi mensurada na superfície de topo (antes) e superfície lateral (antes/após os ensaios de escovação simulada). A determinação do desgaste (W) foi obtida por meio da perfilometria pela comparação da área controle do espécime e a área submetida aos ensaios de escovação simulada. Os resultados foram analisados com ANOVA seguido do teste de Tukey e correlação de Pearson (p < 0,05). Os resultados evidenciaram que a microdureza superficial da resina composta avaliada foi significativamente menor quando da fotoativação com VIP-300 mW/cm², sendo que os maiores valores foram observados com o aparelho Ultralume 5 e >800 mW/cm². O desgaste superficial foi significativamente influenciado quando da utilização de baixa densidade de potência (300 mW/cm²) e energia de 6 J/cm², tanto com o VIP como Ultrablue IS, que demonstraram maior efetividade quando da utilização de densidade de energia acima de 12 J/cm². De forma geral, observou-se correlação negativa quando da interação dos testes de dureza e desgaste superficial, ou seja, quando os valores de dureza aumentaram, os de desgaste diminuíram.

Margareth Calvo Pessutti NUNES¹
Ilma Carla de Souza PORCELLI²
Eduardo Batista FRANCO³

¹ Departamento de Dentística,
Departamento de Odontologia,
Universidade Estadual de Maringá, Paraná,
Brasil

² Doutoranda em Odontologia Integrada.
Programa de Pós-Graduação em
Odontologia Integrada, Universidade
Estadual de Maringá, Paraná, Brasil

³ Departamento de Dentística, Endodontia e
Materiais Dentários, Faculdade de
Odontologia de Bauru, Universidade de
São Paulo, Bauru, São Paulo, Brasil

Recebido. 30 de junho de 2018
Aceito. 09 de novembro de 2018

PALAVRAS-CHAVE – Fotopolimerização, Microdureza, Resinas Compostas.

Introdução

As propriedades das resinas compostas fotopolimerizáveis dependem tanto da sua composição como de todo processo empregado na sua inserção, fotoativação, acabamento e polimento (1). Conhecer a eficiência dos aparelhos utilizados para fotoativar compósitos é imprescindível para que o material restaurador atinja suas propriedades máximas, proporcionando uma vida útil prolongada (2).

A evolução tecnológica de unidades fotoativadoras e

a possibilidade de escolha de fontes com espectros, intensidades e modos de emissão variados, permitiram o lançamento de novos fotoativadores, na tentativa de superar as adversidades dos aparelhos existentes (3); dessa forma, foram lançados aparelhos de LED (diodo emissor de luz) de 3ª geração com espectro de emissão bi modal, capaz de sensibilizar e polimerizar todos os agentes fotoiniciadores (4).

A densidade de energia (densidade de potência x duração de exposição) influencia o grau de polimerização das resinas compostas (5). Assim, em uma mesma duração

de exposição (tempo), um aumento na densidade de potência (intensidade de luz do fotoativador) leva a uma cura melhor, bem como o aumento na duração de exposição para uma mesma densidade de potência (6); contudo o efeito da variação dessas combinações não está bem estabelecido (7).

Dentre as propriedades mecânicas das resinas compostas, a que mais influi clinicamente na durabilidade das restaurações é o desgaste ou resistência à abrasão; todavia, também devem ser consideradas as resistências à fratura, flexional e a compressão, além da dureza, que é mais sensível a aumentos de energia do que as outras propriedades avaliadas (8).

Diante da escassez de informações na odontologia sobre a correlação entre dureza e desgaste dos materiais resinosos, frente à tecnologia de fotoativação baseada nos diodos emissores de luz, torna-se indispensável avaliar a influência desses fatores nas propriedades das resinas compostas.

O presente trabalho teve o intuito de avaliar o desgaste e a microdureza de uma resina fotopolimerizável, após escovação simulada, sob a influência de diferentes energias e fontes de luz usadas na polimerização.

Material e métodos

Uma resina composta microhíbrida (Filtek™ Z250, 3M ESPE, St. Paul, MN, USA) foi polimerizada com três diferentes fontes de luz: uma fonte halógena (VIP, Bisco, Schaumburg, ILUSA) e duas fontes LEDs, uma de 2ª geração (Ultrablue IS, DMC Equipamentos LTD, São Carlos, SP, Brasil) e outra de 3ª geração (Ultralume 5, Ultradent; South Jourdan, Utah, EUA). A amostra experimental foi composta de 90 espécimes, divididos em quinze grupos de 6 e preparados de forma aleatória. As variáveis estudadas foram diferentes fontes de luz e energias de ativação (Tabela 1), avaliadas por microdureza e desgaste superficial.

Preparo dos espécimes

Uma matriz de aço inoxidável (15 mm de comprimento, 5 mm de altura, 4 mm de espessura) foi preenchida em 4 incrementos. Os dois últimos incrementos foram protegidos por uma tira de poliéster e pressionados com um peso para garantir uma superfície plana, necessária para aferição da microdureza superficial. Os espécimes da resina composta Filtek™ Z250 (3M ESPE, St. Paul, MN, USA) foram polimerizados de acordo com cada condição experimental, como consta na Tabela 1. Em seguida, foram polidos em uma politriz metalográfica (APL 4, Arotec, Cotia, SP) com lixas de silicone de granulometria sequencial (320, 600, 1200 e 2000, Extec Corp. Enfield, CT, USA), com refrigeração de água, por cinco minutos cada, em velocidade baixa. Para finalizar o polimento, foi utilizado um disco de feltro (Extec Corp.) com solução diamantada (Buehler, Lake Bluff, IL, USA). Entre cada etapa do polimento e ao final, os espécimes foram limpos em um aparelho de ultrassom, para então

serem armazenados em água deionizada a 37° C, por 7 dias, em recipientes plásticos negros, hermeticamente fechados.

Microdureza superficial inicial

Foram realizadas três endentações aleatoriamente em pontos equidistantes (uma superior, uma central e uma inferior) em cada superfície dos espécimes. As mensurações foram realizadas antes dos ensaios de escovação na superfície de topo (Figura 1a) e antes e após os ensaios de escovação, na superfície lateral do espécime (Figura 1b), a 50 µm da superfície irradiada pela luz. Foi utilizado um microdurômetro (Shimadzu HMV-2000, Shimadzu Corp., Kyoto, Japan) com um penetrador diamantado piramidal tipo Knoop, aplicado com uma carga de 100g durante 5s. Para a análise estatística, realizou-se a média aritmética dos valores obtidos para cada espécime, obtendo-se dois valores de dureza, um referente à superfície de topo e outro referente à superfície lateral.



Fig 1A. Microdureza superficial (topo)

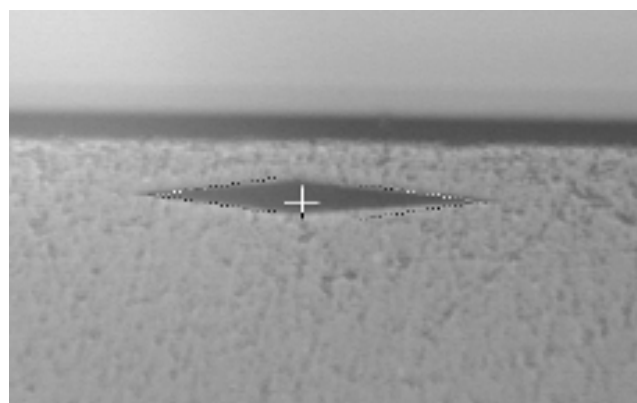


Fig 1B. Microdureza superficial (lateral)

Abrasão por escovação

Subsequentemente, os espécimes foram submetidos à escovação em uma máquina de testes de abrasão, adaptada por Vieira (1960) (9). Adicionalmente, cabeças de escovas de dentes de cerdas de nylon macio (Colgate Classic TM, Colgate-Palmolive Co., Osasco, São Paulo, Brasil) foram ajustadas à máquina de simulação de escovação de dentes.

Tabela 1 - Classificação dos espécimes em grupos com suas respectivas energias, tempos e fontes de luz. Comparação das médias e desvios padrão de dureza superficial de topo, lateral e desgaste superficial.

Grupo	Fonte	Densidade de potência (mW/cm ²)	Tempo (s)	Energia (J/cm ²)	Microdureza		Desgaste
					Topo	Lateral	
1a	VIP (Bisco) Halógena	300	20	6	85,47±2,00 a	72,6±1,53 a	16,62±1,34 c
1b			40	12	84,33±1,76 a	74,3±2,56 a	10,72±2,25 ab
1c			80	24	90,72±1,23 bcd	74,9±1,82 a	12,00±0,61 b
1A	VIP (Bisco) Halógena	600	10	6	92,53±1,31 fg	82,7±1,59 b	9,13±0,94 a
1B			20	12	91,63±1,26 d	82,8±1,03 b	9,17±0,65 a
1C			40	24	93,34±1,04 fg	82,9±1,39 b	10,75±1,33 ab
2a	Ultrablue	300	20	6	88,93±1,29 bcd	78,6±5,62 b	18,30±1,30 c
2b	(DMC)		40	12	89,07±1,30 bc	83,6±2,28 b	12,23±1,25 b
2c	LED, 2ª Geração		80	24	90,61±0,70 de	83,2±0,72 b	10,42±1,53 ab
2A	Ultrablue	600	10	6	90,21±0,65 cde	81,6±2,32 b	10,52±1,60 ab
2B	(DMC)		20	12	89,88±0,75 cde	80,1±0,82 b	12,40±0,64 b
2C	LED, 2ª Geração		40	24	89,19±1,09 cde	81,9±1,00 b	10,22±0,98 ab
3a	Ultralume	>800	10	>8	87,77±1,23 b	88,1±0,78 b	12,40±0,44 b
3b	(Ultradent)		20	>16	93,04±1,78 g	93,9±0,52 c	11,79±0,89 b
3c	LED, 3ª Geração		40	>32	94,57±1,52 g	93,9±1,18 c	10,10±0,29 ab

Somente metade do corpo-de-prova foi escovada. Para proteger a área não escovada, os corpos-de-prova foram cobertos com uma fita isolante (3M do Brasil LTDA, Sumaré, SP). O procedimento de escovação simulada foi realizado com a escova dental Oral B 30 Indicator Plus (Gillette do Brasil, Ltda, Manaus-AM, Brasil) e dentífrico Colgate MFP (Colgate Palmolive Co., Osasco-SP) na presença de uma solução de creme dental e água destilada (proporção de 1:2, em peso) de acordo com a especificação ISO 14569-1. Foram realizados 100.000 ciclos de escovação a uma velocidade de 4,5 ciclos por segundo com uma carga de 300g. As escovas dentais foram substituídas a cada 50.000 ciclos. Após o término dos ensaios de escovação, os espécimes foram lavados em água corrente e colocados em um aparelho de vibração ultrassônica (T-14 Tempo Ultrasonic Ind. Com. Ltda,

Taboão da Serra, SP) por dez minutos para limpeza, sendo, em seguida, secos com papel absorvente.

O desgaste da superfície do corpo-de-prova foi avaliado em um rugosímetro (Hommel Tester T1000, Hommelwerke GmbH ref.# 240851, Schwenningem, Germany) na função de perfilometria, por uma média de 3 aferições. O perfil traçado pelo rugosímetro percorre a superfície dos espécimes passando por áreas de resina íntegra, protegida pela fita isolante e escovada. Como a área protegida se assemelha a uma linha reta, tornou-se fácil identificar a região submetida aos ensaios de escovação (Figura 2).

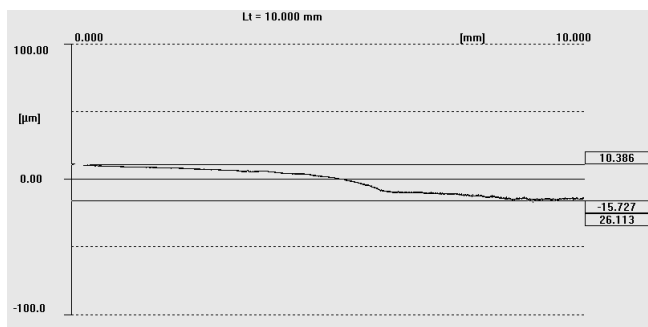


Fig 2. Perfil real de desgaste (representativo)

Microdureza superficial lateral final

Ao final do experimento, a microdureza da superfície lateral dos espécimes foi novamente realizada (Figura 1c), utilizando o mesmo microdurômetro e as mesmas especificações descritas anteriormente.

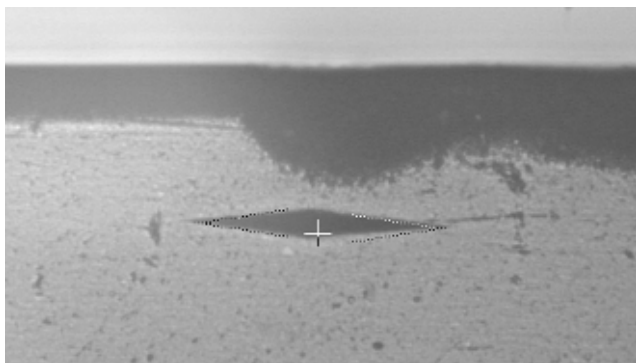


Fig 1C. Microdureza superficial lateral final

Planejamento estatístico

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) a dois e três critérios e ao teste de Tukey ($p = 0,05$). Adicionalmente as comparações individuais da microdureza superficial e do desgaste, os grupos foram submetidos à análise de regressão e o teste de Correlação de Pearson ($p < 0,05$) foi aplicado simultaneamente.

Resultados

As médias e desvios padrão de microdureza das superfícies de topo e lateral e desgaste superficial estão apresentados na Tabela 1. A análise de variância revelou diferenças significantes entre os grupos estudados, para a microdureza na superfície de topo e lateral (2 critérios) e desgaste superficial (1 critério). (Tabela 1).

Para os valores na superfície de topo, os maiores índices de dureza encontrados foram para os grupos fotoativados com o aparelho Ultralume por 40 (3c) ou 20 segundos (3b), sem diferenças estatísticas entre si. Os menores valores de dureza de topo foram observados para o grupo fotoativado com o aparelho VIP a 300 mW/cm²,

durante 40 (1b) ou 20 segundos (1a), sem diferenças estatísticas entre si.

Um comportamento semelhante foi encontrado na comparação dos valores de dureza da superfície lateral. Antes da submissão aos ensaios de escovação, os grupos 3c e 3b apresentaram os maiores valores de dureza, sem diferenças estatísticas entre si. Os menores valores foram representados pelos grupos fotoativados com o aparelho VIP a 300mW/cm² durante 80 (1c), 40 (1b) e 20 segundos (1a), sem diferenças estatísticas entre si. Após os ensaios de escovação, o mesmo desempenho pôde ser observado na superfície lateral destes grupos, quando comparado aos valores obtidos antes da escovação.

Em relação ao desgaste, a análise de variância a um critério mostrou haver diferença estatisticamente significativa ($F = 28,1741$; $p < 0,05$) entre os grupos testados (Tabela 1).

Além das comparações individuais da microdureza e do desgaste, os grupos foram submetidos à análise de regressão, sendo o teste de Correlação de Pearson selecionado e aplicado simultaneamente. Observou-se uma correlação negativa entre dureza e desgaste ($p < 0,0001$, $r = -0,38$).

Discussão

Considerando que a durabilidade do compósito é diretamente proporcional a resistência ao desgaste, bem como a sua microdureza (10), realizou-se este estudo, a fim de avaliar essas propriedades em uma resina polimerizada por diferentes fontes de luz e energias de ativação, sob escovação simulada.

A correlação negativa ($r = -0,38$) entre a taxa de desgaste e valores de dureza, neste estudo, implica que, quanto maior o desgaste sofrido pelo material avaliado, menor foi o valor da dureza do mesmo, corroborando com outras pesquisas (11,12), todavia, alguns grupos com maior dureza não demonstraram, necessariamente, maior resistência ao desgaste, revelando que o valor da dureza isolado, não pode ser usado como parâmetro para qualificar o desempenho do compósito quanto à resistência ao desgaste (13).

Estudos constataram que fonte halógena e o fotopolimerizador LED produziram resultados similares, em relação a polimerização e ao desgaste das resinas compostas (14), quando eram observadas a mesma densidade de energia, corroborando com os resultados obtidos nesta pesquisa.

Quando o recurso de alta densidade de potência foi aplicado pela fonte halógena, maior densidade de energia foi observada para os grupos 1B (VIP, 600 mW/cm², 12 J/cm²) e 2B (Ultrablue IS, 600 mW/cm², 12 J/cm²), e 1C (VIP, 600 mW/cm², 24 J/cm²) e 3c (Ultralume 5, >800 mW/cm², >32 J/cm²), respectivamente (Tabela 1); resultados estes que estão em conformidade com o estudo de Osternack et al. (15).

Para Yap e Seneviratne (16) a energia mínima para se obter um grau de polimerização satisfatório, quando altos valores de densidade de potência são utilizados, seria de 12 J/cm² e quando se utiliza baixa densidade de potência, o ideal estaria entre 24 e 36 J/cm², a fim de se garantir uma ampla conversão dos monômeros em polímeros. Para outros autores, um adequado grau de dureza Knoop de uma resina composta, uma irradiância contínua acima de 450 mW/cm², associada a um tempo de exposição de 40 segundos (18 J/cm²) seria o suficiente (17).

Nesta pesquisa pôde-se observar, com exceção dos grupos 1c (VIP, 300 mW/cm², 24 J/cm²) e 3a (Ultralume 5, >800 mW/cm², >8 J/cm²) na superfície de topo e grupo 3a (Ultralume 5, >800 mW/cm², >8 J/cm²) na superfície lateral, que a aplicação de diferentes energias (6, 12 e 24 J/cm²) não teve influência significativa sobre os valores de dureza. A energia de 24 J/cm² foi capaz de elevar os valores de dureza na superfície topo, causando diferenças estatísticas em relação às energias de 6 e 12 J/cm².

De acordo com Lovell et al. (18), não existe um aumento linear para o grau de polimerização a partir de uma determinada dose de energia, porém um limite de grau de conversão, mesmo aumentando a energia luminosa fornecida (19). Nas diferentes fontes avaliadas no presente estudo, pôde-se constatar essa observação quando foi aplicada uma dose acima de 12 J/cm² de energia.

Segundo Watts et al. (20), o parâmetro relacionado à porcentagem de dureza máxima, admitindo uma redução porcentual de até 20%, não comprometeria as características do material; neste estudo, somente os grupos pertencentes à fonte halógena 1a, 1b e 1c (VIP; 300 mW/cm²; 6, 12 e 24 J/cm²) apresentaram perdas de dureza superficial superior a 20%, limite máximo determinado como aceitável (23%, 23,5% e 24,7%, respectivamente) (Tabela 1).

Os grupos 1a (VIP, 300 mW/cm², 6 J/cm²) e 2a (Ultrablue IS, 300 mW/cm², 6 J/cm²) apresentaram as maiores taxas de desgaste (16,6 e 18,3 µm respectivamente); contudo, não apresentaram diferença estatisticamente entre si. Além disso, observou-se uma maior tendência de abrasão dos grupos 1a e 2a, espécimes polimerizados com 6 J/cm² de densidade de energia, proveniente da combinação de tempo (20 s) com 300 mW/cm².

A associação de métodos experimentais para avaliação de parâmetros, como dureza e desgaste, traz a lume o desempenho do compósito. Conquanto, é importante ressaltar que os resultados obtidos em estudos laboratoriais, como na presente pesquisa, apenas sinalizam o que pode ocorrer na cavidade bucal, havendo necessidade de observações clínicas que consubstanciem estes achados.

Conclusão

A microdureza superficial da resina composta foi significativamente menor quando da fotoativação com lâmpada halógena e baixa densidade de potência (300

mW/cm²). O desgaste, por sua vez, foi significativamente influenciado quando da utilização de baixa densidade de potência (300 mW/cm²) e energia (6 J/cm²), tanto com os aparelhos de lâmpada halógena como LED, que demonstraram maior efetividade quando uma densidade de energia acima de 12 J/cm² foi utilizada. Houve correlação negativa significativa entre microdureza e desgaste superficial do compósito.

Abstract

NUNES, Margareth Calvo Pessutti; PORCELLI, Ilma Carla de Souza; FRANCO, Eduardo Batista. **Microhardness and abrasive wear assessment of a composite resin photoactivated with different light sources and power densities.** Oral Sci., jan/dez. 2016, vol. 8, nº 1, p. 04-09.

The purpose of this in vitro study was to comparatively evaluate surface microhardness and abrasive wear of a composite resin photoactivated, Filtek™ Z250 (3M ESPE) under the influence of different light sources LED Ultrablue IS/DMC, LED Ultrablue 5/Ultradent and halogen VIP/BISCO; with power (300, 600 and above 800mW/cm²) and energy density (6,>8, 12, >16, 24>32J/cm²), totaling 15 groups (N=6). The microhardness (KHN) was measured on the top surface (before) and lateral surface (before / after the simulated brushing tests). Surface microhardness (KHN) was measured on the top surface before toothbrushing, and on the lateral surface before and after toothbrushing. Abrasive wear (µm) was obtained by profilometry by comparing the control area and the area subjected to toothbrushing. Results were analyzed with ANOVA followed by Tukey test, and Pearson correlation (p<0.05). The results showed that surface microhardness was significantly lower when specimens were photoactivated with VIP and 300 mW/cm², while the highest values were observed with Ultralume D 5 and >800 mW/cm². Abrasive wear was significantly higher when low power (300 mW/cm²) and energy (6 J/cm²) densities were used with VIP and Ultrablue IS. These devices demonstrated better effectiveness when energy densities above 12 J/cm² were employed. In general, a negative correlation between surface microhardness and abrasive wear was observed, showing that when microhardness values increased, abrasive wear tended to decrease.

KEYWORDS: Polymerization, Hardness, Composite Resins.

References

1. Issa Y, Watts DC, Boyd D, Price RB. Effect of curing light emission spectrum on the nanohardness and elastic modulus of two bulk-fill resin composites. Dent. Mater. 2016 Feb 10.
2. Jafarzadeh T-S, Erfan M, Behroozibakhsh M, Fatemi M, Masaeli R, Rezaei Y, et al. Evaluation of Polymerization

- Efficacy in Composite Resins via FT-IR Spectroscopy and Vickers Microhardness Test. *J. Dent. Res. Dent. Clin. Dent. Prospects*. 2015 Jan;9(4):226–32.
3. Kwon H-J, Oh Y-J, Jang J-H, Park J-E, Hwang K-S, Park Y-D. The effect of polymerization conditions on the amounts of unreacted monomer and bisphenol A in dental composite resins. *Dent. Mater. J.* 2015 Jan;34(3):327–35.
4. Gonulol N, Ozer S, Tunc E Sen. Effect of a third-generation LED LCU on microhardness of tooth-colored restorative materials. *Int. J. Paediatr. Dent.* 2015 Nov 9.
5. Leprince JG, Palin WM, Hadis MA, Devaux J, Leloup G. Progress in dimethacrylate-based dental composite technology and curing efficiency. *Dent. Mater.* 2013 Feb;29(2):139–56.
6. Bortolotto T, Prando F, Dietschi D, Krejci I. Light polymerization during cavity filling: influence of total energy density on shrinkage and marginal adaptation. *Odontology*. 2014 Jul;102(2):184–8.
7. Peutzfeldt A, Asmussen E. Resin Composite Properties and Energy Density of Light Cure. *J. Dent. Res.* 2005 Jul 1;84(7):659–662.
8. Bijelic-Donova J, Garoushi S, Vallittu PK, Lassila LVJ. Mechanical properties, fracture resistance, and fatigue limits of short fiber reinforced dental composite resin. *J. Prosthet. Dent.* 2016 Jan;115(1):95–102.
9. Vieira D F. Studies on hardness and abrasion resistance of acrylic resins. Indianápolis; 1960 [PhD Thesis - Indiana University School Dentistry; 1960.
10. Heck MAP, Kina M, Vieira LCC, Andrada MAC de. Avaliação da microdureza superficial de uma resina composta fotopolimerizável em função da utilização de luvas contaminadas durante o ato restaurador. *RPG, Rev. Pós-gr.* 2010;185–190.
11. Tamura Y, Kakuta K, Ogura H. Wear and mechanical properties of composite resins consisting of different filler particles. *Odontology*. 2013 Jul;101(2):156–69.
12. Torres SAS, Silva GC, Maria DA, Campos WRC, Magalhães CS, Moreira AN. Degree of conversion and hardness of a silorane-based composite resin: effect of light-curing unit and depth. *Oper. Dent.* 2014 Jan 22;39(3):E137–46.
13. Rodrigues MC. Influência da variação da densidade de potência na contração de polimerização e na pigmentação de resinas compostas fotossensíveis. Bauru; 2011 [Dissertação de Mestrado - Faculdade de Odontologia de Bauru, Universidade de São Paulo].
14. Rastelli ANS, Jacomassi DP, Faloni APS, Queiroz TP, Rojas SS, Bernardi MIB, et al. The filler content of the dental composite resins and their influence on different properties. *Microsc. Res. Tech.* 2012 Jun;75(6):758–65.
15. Osternack FH, Caldas DBM, Almeida JB, Souza EM, Mazur RF. Effects of preheating and precooling on the hardness and shrinkage of a composite resin cured with QTH and LED. *Oper. Dent.* 2013 Jan 38(3):E1–8.
16. Yap AU, Seneviratne C. Influence of light energy density on effectiveness of composite cure. *Oper. Dent.* 2001 Jan;26(5):460–6.
17. Ozturk B, Cobanoglu N, Cetin AR, Gunduz B. Conversion degrees of resin composites using different light sources. *Eur. J. Dent.* 2013 Jan;7(1):102–9.
18. Lovelh LG, Newman SM, Bowman CN. The Effects of Light Intensity, Temperature, and Comonomer Composition on the Polymerization Behavior of Dimethacrylate Dental Resins. *J. Dent. Res.* 1999 Aug 1;78(8):1469–1476.
19. Lima AF, de Andrade KMG, da Cruz Alves LE, Soares GP, Marchi GM, Aguiar FHB, et al. Influence of light source and extended time of curing on microhardness and degree of conversion of different regions of a nanofilled composite resin. *Eur. J. Dent.* 2012 Apr;6(2):153–7.
20. Watts DC, Amer O, Combe EC. Characteristics of visible-light-activated composite systems. *Br. Dent. J.* 1984 Mar 24;156(6):209–15.