

Efeito da intensidade de fontes de luz e barreiras de cerâmica na microdureza de cimento resinoso dual

Effect of intensity of light sources and barriers in ceramic hardness of dual-cured cement

Gabriela Santos FONSECA^a, Ayla Macyelle de Oliveira CORREIA^a, Sandro GRIZA^a,
Milko VILLARROEL^b, Wilton Mitsunari TAKESHITA^a, Adriano Augusto Melo de MENDONÇA^{a*}

^aUFS – Universidade Federal de Sergipe, Aracaju, SE, Brasil

^bUV – Universidade Val Paraíso, Val Paraíso, Chile

Resumo

Introdução: O cimento resinoso dual é o principal material para cimentação de cerâmicas. Contudo, fatores, como fonte de luz, podem influenciar no desempenho do cimento. **Objetivo:** Avaliar a influência de duas fontes de luz de diferentes intensidades sobre a microdureza de um cimento resinoso quando fotoativado sob diferentes cerâmicas.

Material e método: Foram fotoativados 40 espécimes de cimento resinoso dual (10 mm × 1,0 mm) por meio de duas fontes de luz LED, com intensidades de 1.000 mW/cm² e 800 mW/cm² durante 40 segundos, sob cerâmicas (15 mm × 2 mm) à base de zircônia, espinélio MgAl₂O₄ e dissilicato de lítio. No grupo controle, foi utilizada uma placa de vidro de mesma dimensão. As amostras tiveram a superfície regularizada com lixa d'água (600 e 1200). Após armazenagem a seco no escuro (24 h), foram realizadas as medidas de microdureza Vickers (HMV Shimadzu - 50g/10 segundos). Os dados foram submetidos à Anova fatorial e ao teste de Tukey com nível de significância de 5%.

Resultado: O cimento polimerizado apresentou valor médio de microdureza e desvio padrão para o grupo controle de 43,9±1,5 e 43,4±1,3, para as intensidades de 1.000 mW/cm² e 800 mW/cm², respectivamente. O menor valor de microdureza do cimento foi observado para a cerâmica à base de espinélio MgAl₂O₄, polimerizado a 800 mW/cm², com valor de 34,3±3,3. **Conclusão:** O tipo de cerâmica e a intensidade da fonte de luz influenciam na microdureza do cimento. A intensidade de 1.000 mW/cm² sobre as cerâmicas à base de zircônia e espinélio MgAl₂O₄ resultaram na melhor combinação de valores de dureza do cimento.

Descritores: Cimentos de resina; cerâmica; teste de dureza.

Abstract

Introduction: The dual-cure resin cement is the main material for luting of ceramic. However, factors such as light source can influence the performance of the cement. **Objective:** Evaluate the influence of two light sources of different intensities on the microhardness of a resin cement when cured under different ceramics. **Material and method:** Forty samples of dual resin cement were photoactivated by two LED light sources, with light intensity of 1000mW/cm² and 800mW/cm², respectively (40 seconds), under the base ceramic Zirconia, Spinel MgAl₂O₄ and Lithium Disilicate. In the control group, a glass plate was used. Each samples had the surface grounded (600 and 1200). After dry storage in the dark (24 hours), Vickers microhardness measurements were performed (HMV Shimadzu - 50gf/10 seconds). The data were submitted to factorial ANOVA and Tukey's test with significance level of 5%. **Result:** The average hardness and standard deviation in the control group for cement polymerized 1000mW/cm² was 43.9±1.5 and 800mW/cm² the value of 43.4±1.3. The lowest value was for the Ceramic base of spinel MgAl₂O₄, light cured with 800mW/cm² with a value of 34.3±3.3. **Conclusion:** The ceramic type and intensity of the light source influence the hardness of the cement. The polymerization 1000mW/cm² on the ceramic based on zirconia and spinel MgAl₂O₄ resulted in the best combination of hardness cement.

Descriptors: Resin cement; ceramic; hardness test.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento e o aprimoramento dos materiais odontológicos, e o interesse crescente pela Odontologia Estética aumentaram significativamente o uso de materiais cerâmicos para restaurações indiretas. Isto pode ser explicado pela excelente propriedade ótica

proporcionada pelo material^{1,2}. Além disso, a escolha das cerâmicas está ainda associada a alta biocompatibilidade com os tecidos dentais, adequada estabilidade de cor, baixa condução térmica e alta resistência à abrasão, e por permitir baixo acúmulo de placa bacteriana^{1,2}.

Essas características podem ser encontradas em diferentes tipos de cerâmicas, porém em intensidade e dimensões diferentes, de acordo com a composição³. Diferentes composições das cerâmicas podem também exercer forte influência nas propriedades ópticas do material^{3,4}. A disposição da parte vítrea e a distribuição das partículas no interior das cerâmicas dentais interferem na passagem de luz por meio do material⁵. Esse fator pode ser determinante na reação de polimerização de cimentos resinosos fotoativáveis, material responsável por fixar as restaurações de cerâmica sobre os tecidos dentais (esmalte e dentina)^{3,5}.

Os cimentos à base de resina são, geralmente, resinas compostas híbridas, constituídas por uma matriz de BIS-GMA (Bisfenol glicidil metacrilato)^{2,6}. Normalmente, a reação de polimerização desses materiais é iniciada de forma química ou pela exposição à luz visível, a um comprimento de onda de 400 a 500 nm⁶. Em determinadas situações clínicas em que a intensidade de luz possa ser atenuada, espera-se, teoricamente, que a reação química dos cimentos resinosos duais seja capaz de proporcionar adequado grau de conversão do material⁷. Todavia, apenas a reação química de polimerização parece não resultar em completo grau de conversão de monômeros em polímeros, acarretando baixos valores de microdureza do material^{4,7}. Para superar essa deficiência, os cimentos resinosos duais foram desenvolvidos a fim de se alcançar uma polimerização efetiva⁷.

Embora o advento dos cimentos duais tenha contribuído de forma significativa para os procedimentos adesivos das restaurações cerâmicas, as fontes de luz visível também têm sido investigadas quanto à sua eficiência na polimerização dos materiais à base de resina^{3,7-9}. Especificamente, para as fontes de luz visível, alguns fatores podem interferir na eficiência de polimerização dos materiais à base de resina, tais como: tipo de luz (LEDs, halógena e arco de plasma), comprimento de onda, tempo de emissão e intensidade da luz visível^{4,7}. Em condições clínicas específicas, a intensidade da luz visível pode ser alterada pela presença de barreiras físicas, como, por exemplo, restaurações cerâmicas⁴. Estudo recente tem demonstrado que restaurações de cerâmica, simuladas em laboratório, são capazes de interferir na passagem de luz e resultar em baixos valores de microdureza dos cimentos resinosos duais⁹. Esse fato está diretamente relacionado com o grau de translucidez/opacidade que o material cerâmico apresenta. Segundo alguns autores, a opacidade e a translucidez dos diferentes sistemas cerâmicos estão diretamente relacionadas com sua composição química¹⁰. Todavia, é desconhecido se o grau de translucidez e opacidade das cerâmicas dentais pode ser superado pelas altas intensidades dos aparelhos de luz visível atuais. Dessa forma, o objetivo deste estudo foi avaliar a influência de fontes de luz com intensidades distintas sobre a microdureza do cimento resinoso dual quando polimerizado sob cerâmicas de composições variadas.

MATERIAL E MÉTODO

Delineamento Experimental

Este estudo *in vitro* teve como objetivo avaliar a influência de fontes de luz em dois níveis, 1.000 mW/cm² e 800 mW/cm², e de barreira de luz em quatro níveis: ausência de barreira, barreira com cerâmica de zircônia, barreira com cerâmica de espinélio MgAl₂O₄

e barreira com cerâmica de dissilicato de lítio, sobre a microdureza de um cimento resinoso dual, constituindo oito grupos com cinco amostras para cada um.

Preparação das Amostras de Cerâmica de Infraestrutura

Amostras de cerâmica à base de zircônia (Procera AllZircon)

Para este sistema cerâmico, os corpos de prova foram confeccionados a partir da utilização de um disco de acrílico com 0,5 mm de espessura e 15 mm de diâmetro. As cerâmicas à base de zircônia foram preparadas por meio da tecnologia CAD-CAM, realizada em duas etapas: escaneamento da superfície do disco de acrílico e fresagem do bloco cerâmico.

O escaneamento do disco de acrílico foi realizado com *scanner* digital Nobel Procera (Nobel Biocare AG, Suíça, Zurique). O escaneamento foi executado em intervalos de 0,1 a 0,2 mm, mediante leitor óptico a laser e três câmeras acopladas internamente ao sistema, realizando uma leitura em 360°. O disco de acrílico foi fixado em plataforma localizada no interior do *scanner* digital (Scanner Nobel Procera) para a leitura de suas dimensões. Todas as informações foram armazenadas em *software* e encaminhadas, via *modem*, à central de usinagem para codificação dos dados. Os dados codificados por computador foram transmitidos à fresadora, a qual produziu os discos cerâmicos pré-sinterizados. Toda a fresagem foi realizada de forma sistemática, para compensar a contração da cerâmica à base de zircônia no momento de sinterização. A sinterização foi realizada em forno à temperatura de 1.350°C por 6 h. Em seguida, os corpos de prova foram removidos e deixados à temperatura ambiente até o início do experimento.

Amostras de cerâmica à base de espinélio MgAl₂O₄ (In Ceram Spinell)

Os corpos de prova foram confeccionados a partir da mistura do pó In-Ceram POWDER, do líquido In-Ceram Powder Liquid e do líquido aditivo (Vita Zanhfabrik, Alemanha). A manipulação do material foi realizada mecanicamente por meio do misturador VITASONIC (Vita Zanhfabrik, Alemanha), por 7 min, sendo completada no vácuo por mais 1 min. Essa mistura foi dispensada em uma matriz circular de silicone com 15 mm de diâmetro por 2 mm de espessura. Em seguida, o conjunto, matriz e cerâmica, foi levado ao forno BELLAGLASS HP (Kerr/Sybron, Orange, Califórnia) à temperatura de 500°C por 10 min, com o objetivo de promover resistência ao material e evitar seu rompimento no momento da remoção da matriz.

Para completa sinterização da cerâmica, os corpos de prova foram levados ao forno VITA INCERAMAT II (Vita Zanhfabrik, Alemanha) para a queima da porcelana por um período de 10 h, a 1.120°C. Ao final, os corpos de prova foram submetidos à infiltração por vidro. A mistura do pó In-Ceram GLASS POWDER (Vita Zanhfabrik, Alemanha) com água destilada foi preparada até alcançar consistência fluida, a qual foi aplicada com o auxílio de um pincel sobre os discos sinterizados. Ao fim da aplicação, cada disco cerâmico foi levado novamente ao forno VITA INCERAMAT II à temperatura de 1.110°C, por um ciclo de aproximadamente 3 h.

Terminado o processo de infiltração, os discos foram submetidos ao jateamento com óxido de alumínio (50 μ m) e pressão de 3 bar, para eliminar os excessos da infiltração. Os discos confeccionados em cerâmica à base de espinélio MgAl₂O₄ foram calibrados a uma espessura de 0,5 mm, mensurados com paquímetro digital (Mitutoyo, São Paulo, Brasil), utilizando-se discos de silicone (Giropearl MK – AMANNGIRRBACH, Germany) de granulação fina em baixa velocidade.

Amostras de cerâmica à base de dissilicato de lítio (E.Max)

Para a confecção dos corpos de prova, discos de acrílico calcinável foram confeccionados na dimensão de 15 mm de diâmetro e 0,8 \pm 0,1 mm de espessura. Cada disco de acrílico foi fixado a um conduto de alimentação, confeccionado em cera, e preso à base do cilindro de injeção. O cilindro de papel da cerâmica à base de dissilicato de lítio foi posicionado na base do cilindro de injeção, envolvendo os discos fixados nos condutos de alimentação. A mistura do revestimento especial do sistema IPS E.max (Ivoclar Vivadent Ltda., Barueri, São Paulo, Brasil) foi preparada a vácuo e dispensada no interior do cilindro de injeção. Após o tempo de presa do material de revestimento (60 min), o cilindro de papel foi removido e o revestimento levado ao forno EP600 (Ivoclar Vivadent Ltda., Barueri, São Paulo, Brasil), no qual se iniciou o processo da cera perdida e o ciclo de injeção da cerâmica. Para injeção da cerâmica, pastilhas MO de IPS E.max foram posicionadas no interior do cilindro de revestimento e o conjunto levado ao forno EP600 (Ivoclar Vivadent Ltda., Barueri, São Paulo, Brasil) a 915°C. Decorrido o tempo de 15 min, o cilindro de revestimento foi retirado do forno, aguardando-se seu período de resfriamento à temperatura ambiente para, assim, proceder à eliminação do revestimento e então obter os discos cerâmicos finais. Terminada essa etapa, os discos cerâmicos injetados foram submetidos a jateamento com óxido de alumínio (50 μ m) à pressão de 1 bar, para eliminar os excessos da infiltração. Em seguida, cada cerâmica foi separada do conduto de alimentação por disco diamantado dupla face (KG Sorensen, Cotia, São Paulo, Brasil) em baixa rotação. Cada disco cerâmico foi calibrado para espessura final de 0,5 mm, mensurados com paquímetro digital (Mitutoyo, São Paulo, Brasil), utilizando-se discos de silicone (Giropearl MK – AMANNGIRRBACH, Germany) de granulação fina em baixa velocidade.

Confecção das Cerâmicas de Cobertura

Cada disco de cerâmica de infraestrutura (0,5 mm de espessura) foi utilizado como base para a aplicação da cerâmica de cobertura (1,5 mm de espessura), conforme preconizado pelo fabricante. Os discos de cerâmica de infraestrutura foram posicionados no interior de uma matriz de acrílico de formato circular, com dimensão de 15 mm de diâmetro e 2,0 mm de espessura. As cerâmicas de cobertura foram confeccionadas na cor A2 Dentin Body. Essa mistura foi aplicada em pequenos incrementos sobre os discos de cerâmica já preparados com o auxílio de um pincel. O excesso de líquido foi removido com auxílio de papel absorvente. Esse procedimento foi repetido até o preenchimento completo da matriz de acrílico, com obtenção de uma superfície lisa, livre de bolhas e com aparência

seca. Ao final, a cerâmica seca e com formato já definido foi removida da matriz de acrílico e levada ao forno para o processo de sinterização. Em seguida, uma camada de glaze líquido IPS E.max Ceram Glaze e Stain Liquid (Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) foi aplicada com pincel sobre cada cerâmica, que foi levada ao forno para o procedimento de queima final.

Preparação das Amostras de Cimento Resinoso Dual

Foram selecionados dois aparelhos fotopolimerizadores do tipo LED com intensidade de luz e comprimento de onda diferentes: Poly Wireless (Kavo, Joinville, Santa Catarina, Brasil) e Rádii-cal (SDI, Vitória, Austrália). Cada aparelho teve sua intensidade de luz mensurada pelo radiômetro Demetron (Kerr Corporation, West Collins, Orange, CA, USA), o qual registrou 1.000 mW/cm² e 800 mW/cm² para os aparelhos Poly Wireless (Kavo, Joinville, Santa Catarina, Brasil) e Rádii-cal (SDI, Vitória, Austrália), respectivamente. Segundo informações do fabricante, os comprimentos de onda para os aparelhos de luz empregados apresentaram faixa espectral de 440-480 nm (Rádii-cal) e 420-480 nm (Poly Wireless).

O cimento resinoso dual AllCem (FGM, Joinville, Santa Catarina, Brasil) foi empregado para avaliação do teste de microdureza. Proporções iguais do cimento foram dispensadas em placa de vidro e manipuladas com espátula n.º 24, de acordo com as instruções do fabricante. O cimento foi dispensado no interior de matriz de aço com dimensões de 10 mm \times 1,0 mm e coberto por uma tira de poliéster para não interagir com a cerâmica investigada. Cada disco de cerâmica foi posicionado e a unidade de luz fotopolimerizadora ativada pelo tempo de 40 segundos, para polimerização do cimento resinoso dual. As amostras de cimento foram então removidas por pressão aplicada na base inferior da matriz de aço e, em seguida, tratadas com lixas d'água de granulação 600 e 1200. Todas as amostras foram armazenadas em frascos escuros para proteção contra exposição adicional de luz pelo período de 24 h e submetidas aos ensaios de microdureza. Para o grupo controle, as cerâmicas foram substituídas por uma placa de vidro de mesma espessura (2,0 mm) correspondente à cerâmica de infraestrutura (0,5 mm de espessura) e cerâmica de cobertura (1,5 mm de espessura).

Medição dos Valores de Dureza das Amostras de Cimento Resinoso

Cinco amostras do cimento resinoso foram confeccionadas para cada grupo experimental e controle, com base no cálculo amostral realizado previamente. Em cada amostra, cinco indentações foram realizadas pela aplicação de carga estática de 50 g pelo tempo de 10 segundos, em microdurômetro HMV Shimadzu (Teste New age Instruments, Inc., Southampton, PA, EUA). Os valores médios de microdureza para cada grupo foram calculados e submetidos ao teste de análise de variância (Anova) com delineamento fatorial tipo 4 \times 2. Essa análise foi complementada por comparações múltiplas de médias pelo teste de Tukey em um nível de significância de 5%. Todo o teste estatístico foi realizado no *software* SPSS (Windows 11.5, SPSS, Chicago, IL).

RESULTADO

A Tabela 1 representa os resultados da Anova fatorial, a qual mostrou diferenças significativas entre os fatores cerâmicas e intensidade de luz.

A Tabela 2 indica a média dos valores de microdureza e desvio padrão para cada grupo investigado. Segundo o teste aplicado, a microdureza do cimento teve influência tanto pela presença da cerâmica quanto pela intensidade de luz dos aparelhos fotopolimerizadores.

A interposição das cerâmicas entre a fonte de luz e o cimento interferiu na microdureza do material, diminuindo-a, exceto quando a maior intensidade de luz, 1.000 mW/cm², foi usada sobre a cerâmica à base de zircônia ($p=0,000$). A diminuição da intensidade de luz de 1.000 mW/cm² para 800 mW/cm² também interferiu de forma negativa na microdureza do cimento, diminuindo-a, exceto para a cerâmica à base de dissilicato de lítio ($p=0,671$), a qual apresentou valores similares de dureza independentemente da intensidade da luz.

DISCUSSÃO

Embora seja favorável utilizar cimentos resinosos duais para cimentação de materiais cerâmicos, o processo de polimerização é crucial para alcançar as propriedades físicas ideais e o desempenho clínico satisfatório dos materiais resinosos^{3,11}. Isso está relacionado ao modo de ativação da luz à quantidade e à eficiência do componente químico¹². Além disso, características relacionadas com a cerâmica, tais como espessura do material, translucidez, índice de refração e composição cristalina da cerâmica, são capazes de influenciar

a intensidade de luz que alcança o cimento resinoso, alterando, consequentemente, o seu grau de conversão^{3,13}. Outros estudos que avaliaram diversas cerâmicas têm mostrado que o grau de conversão e dureza diminui com a interposição de uma restauração cerâmica espessa^{3,14,15}. A espessura dos materiais cerâmicos utilizados neste estudo foi projetada para ser a mais próxima possível à utilizada clinicamente.

O grau de conversão de monômeros em polímeros em uma reação de polimerização depende da energia despendida durante a fotoativação, caracterizada como o produto da intensidade luminosa e do tempo de exposição do material resinoso à fonte de luz⁴. O processo de conversão dos monômeros em polímeros determinará a absorção de água do material, a presença de monômeros residuais, a biocompatibilidade da restauração dentária e a sua dureza^{2,16}. A dureza superficial é uma das propriedades físicas mais importantes dos materiais dentários e é definida como a resistência de um material a indentação ou penetração.⁹ O teste de dureza é geralmente utilizado por ser um método simples e confiável para indicar, de forma indireta, o grau de conversão e resistência à penetração do material a ser investigado^{4,9,17}. Substancialmente, materiais resinosos, quando expostos à fotopolimerização inadequada, consequentemente apresentarão menor grau de conversão, o que implicará em valores de dureza reduzidos. Clinicamente, isso pode ser interpretado como efeito negativo sobre o tratamento restaurador, uma vez que o material resinoso estará mais susceptível à penetração de fluidos orais. Essa desvantagem poderá acarretar degradação da interface dente/restauração, bem como um possível manchamento marginal, presença de cáries secundárias e deslocamento da peça protética.

A translucidez das restaurações de cerâmica pura depende da sua estrutura cristalina, do índice de refração da luz e da espessura^{7,18,19}.

Tabela 1. Anova fatorial dos dados de dureza Vickers de um experimento fatorial (tipo 4 × 2) com cinco repetições

Amostra	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrados médios	F	Valor de p
Intensidade de luz	106,602	1	106,602	38,719	<0,001
Cerâmica	240,733	3	80,244	29,145	<0,001
Intensidade de luz Cerâmica	86,421	3	28,807	10,463	<0,001
Erro	88,104	32	2,753		
Total	521,860	39			

$p < 0,05$: diferença estatisticamente significativa.

Tabela 2. Valores médios de microdureza (desvio padrão) do cimento resinoso polimerizado com intensidade de luz de 1.000 mW/cm² e 800 mW/cm²

Grupos experimentais	Intensidade de luz	
	1.000 mW/cm ²	800 mW/cm ²
Controle	43,9 (1,5) ^{A,a}	43,4 (1,3) ^{A,a}
Cerâmica à base de zircônia	42,2 (1,2) ^{AB,a}	36,1 (1,9) ^{B,b}
Cerâmica à base de espinélio MgAl ₂ O ₄	40,7 (1,1) ^{B,a}	34,3 (3,3) ^{B,b}
Cerâmica à base de dissilicato de lítio	37,9 (0,6) ^{C,a}	37,8 (0,1) ^{B,a}

Letras maiúsculas e minúsculas representam colunas e linhas, respectivamente. Letras diferentes representam grupos com diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$).

As cerâmicas empregadas para infraestruturas de coroas protéticas são, relativamente, mais opacas do que aquelas empregadas para cobertura. Essa característica de opacidade se deve ao maior conteúdo cristalino da cerâmica de infraestrutura, necessário para reforçar a estrutura da coroa protética^{10,14}. Assim, apesar de contribuir com o reforço da restauração indireta, a estrutura interna da cerâmica pode afetar a transmissão de luz, principalmente sob a restauração¹⁹. Apesar da clara tendência em reduzir o grau de conversão, de acordo com o tipo cerâmico, não houve diferença significativa entre o grupo controle e o cimento polimerizado por meio da cerâmica à base de zircônia, quando polimerizados pela unidade de luz visível de intensidade a 1.000 mW/cm².

Kilinc et al.¹⁴ avaliaram o efeito da cor e da espessura da cerâmica sobre a microdureza de vários cimentos resinosos e concluíram que a polimerização foi adversamente afetada apenas quando a espessura de cerâmica mostrou-se acima de 3 mm. Dessa forma, menores valores de microdureza foram obtidos quando comparados a cerâmicas com espessuras inferiores, sendo que isso ainda está diretamente relacionado a uma redução na transmissão de luz. A espessura da zircônia utilizada neste estudo foi menor que 3 mm, o que poderia justificar os valores semelhantes para microdureza do cimento resinoso para o grupo controle e sob a cerâmica à base de zircônia.

Esse efeito também pôde ser observado para o cimento quando polimerizado pela unidade de luz visível de intensidade a 1.000 mW/cm² sob a cerâmica à base de espinélio MgAl₂O₄, em que diferença significativa não pode ser observada quando comparado ao grupo controle. Essa diferença pode ser explicada pela composição dos discos cerâmicos à base de espinélio MgAl₂O₄, a qual consiste em um material cerâmico à base de óxido de alumínio (Al₂O₃). Entretanto, parte do Al₂O₃, da estrutura original desta cerâmica, é substituída por óxido de magnésio (MgO), formando o espinélio aluminato de magnésio (MgAl₂O₄). Essa nova estrutura de óxidos aumenta a translucidez do material, fato este resultante do baixo índice de refração do aluminato de magnésio e da matriz de vidro²⁰, justificando os resultados obtidos neste estudo.

Quando comparados os valores de microdureza do cimento resinoso dual polimerizado sob a cerâmica à base de dissilicato de lítio e do grupo controle, foi possível concluir que a intensidade de luz não afetou a dureza do cimento. Diferenças estatísticas puderam ser encontradas apenas quando comparada a influência das diferentes intensidades de luz sob a mesma cerâmica. Os resultados mostraram que quando o cimento resinoso dual é polimerizado sob a cerâmica à base de dissilicato de lítio a uma intensidade de 1.000 mW/cm², maiores valores de dureza são obtidos quando comparados à utilização de uma fonte de luz visível de intensidade de 800 mW/cm²; comprova-se, portanto, o fato de que dispositivos com baixa irradiância podem produzir resultados diferentes¹³. Da mesma forma, o uso de altas densidades de energia não está diretamente ligado a um maior grau de conversão³. De acordo com Heffernan et al.^{18,19}, a translucidez da cerâmica tem influência direta da espessura do material e da sua composição cristalina. A microestrutura do material cerâmico, especialmente a sua fase cristalina, pode ter influenciado no processo de polimerização do

cimento resinoso subjacente pelas suas diferenças de transmitância e espalhamento da luz³. Nesse caso, pela alta translucidez dessa cerâmica, maior intensidade de luz não acarretará em maiores valores de microdureza do cimento, quando comparado aos demais grupos.

Os protocolos de polimerização utilizados no presente estudo também devem ser discutidos e os resultados comparados. Para o preparo das amostras, duas unidades de luz visível foram utilizadas. De acordo com o fabricante, o aparelho Radium-call (SDI) apresenta uma intensidade de luz extremamente alta (1.200 mW/cm²) e emissão espectral na faixa de 440-480 nm. Por outro lado, o aparelho Poly Wireless (Kavo) emite potência efetiva luminosa de 1.100 mW/cm² e emissão espectral na faixa de 420-480 nm.

Durante todo o experimento, a intensidade de luz de ambos os aparelhos foi medida com o auxílio de radiômetro Demetron (West Collins, Orange). Para o Radium-cal, o radiômetro empregado registrou uma intensidade de luz máxima de 800 mW/cm². Todavia, para o Poly Wireless (Kavo), a intensidade registrada máxima foi de 1.000 mW/cm². Para ambos os aparelhos, o registro máximo de intensidade luminosa ocorreu durante os primeiros 15 segundos de polimerização, não se estendendo até ao final do ciclo luminoso da fonte de luz. Pelo tempo restante, toda a intensidade de luz monitorada se manteve em 400 mW/cm², o que pode ter justificado a pouca diferença significativa entre os grupos investigados. Esse fator, associado à opacidade das cerâmicas, poderia ter reduzido o grau de conversão do cimento resinoso estudado, resultando em valores de microdureza menores quando polimerizados pelo aparelho de luz visível de menor intensidade (800 mW/cm²).

Esta pesquisa gera novas questões a serem investigadas, como, por exemplo: 'A variação no tempo de fotopolimerização pode aumentar de forma significativa os valores de microdureza das amostras de cimento investigada?'. Além disso: 'O valor de microdureza de materiais resinosos poderá aumentar significativamente quando novos aparelhos fotopolimerizadores de potência elevada forem utilizados?'. Diante de novas indagações, estudos direcionados para os cimentos resinosos com aparelhos com intensidades elevadas passam a ser foco de novas investigações científicas.

CONCLUSÃO

De acordo com metodologia empregada no presente estudo, pode-se concluir que a polimerização do cimento resinoso dual é significativamente afetada pelo tipo de barreira cerâmica e pela intensidade de luz. Maior intensidade de luz do fotopolimerizador (1.000 mW/cm²) resultou em maiores valores de microdureza do cimento resinoso dual para as cerâmicas à base de zircônia e espinélio MgAl₂O₄. O cimento resinoso dual apresentou menor valor de microdureza na presença da cerâmica à base de dissilicato de lítio, sugerindo que este tipo de cerâmica pode ser considerada uma barreira maior para a passagem da luz e consequente polimerização do cimento. Para o aparelho fotopolimerizador de 800 mW/cm², a presença das cerâmicas determinou valores de microdureza significativamente menores para as cerâmicas à base de zircônia e espinélio MgAl₂O₄.

REFERÊNCIAS

1. Cunha LF, Reis R, Santana L, Romanini JC, Carvalho RM, Furuse AY. Ceramic veneers with minimum preparation. *Eur J Dent.* 2013 Out;7(4):492-6. <http://dx.doi.org/10.4103/1305-7456.120645>. PMID:24932126.
2. Silva EM, Noronha-Filho JD, Amaral CM, Poskus LT, Guimarães JG. Long-term degradation of resin-based cements in substances present in the oral environment: influence of activation mode. *J Appl Oral Sci.* 2013;21(3):271-7. PMID:23857651.
3. Runnacles P, Correr GM, Baratto F Fo, Gonzaga CC, Furuse AY. Degree of conversion of a resin cement light-cured through ceramic veneers of different thicknesses and types. *Braz Dent J.* 2014 Jan-Fev;25(1):38-42. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-6440201302200>. PMID:24789290.
4. Iriyama NT, Tango RN, Manetta IP, Sinhorette MA, Correr LC So, Saavedra GS. Effect of light-curing method and indirect veneering materials on the Knoop hardness of a resin cement. *Braz Oral Res.* 2009 Abr-Jun;23(2):108-12. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-83242009000200003>. PMID:19684942.
5. Ergun G, Egilmez F, Yilmaz S. Effect of reduced exposure times on the cytotoxicity of resin luting cements cured by high-power led. *J Appl Oral Sci.* 2011 Maio-Jun;19(3):286-92. <http://dx.doi.org/10.1590/S1678-77572011000300019>. PMID:21625748.
6. Beier US, Kapferer I, Burtscher D, Giesinger JM, Dumfahrt H. Clinical performance of all-ceramic inlay and onlay restorations in posterior teeth. *Int J Prosthodont.* 2012 Jul-Ago;25(4):395-402. PMID:22720292.
7. Rueggeberg FA, Caughman WF, Curtis JW Jr. Effect of light intensity and exposure duration on cure of resin composite. *Oper Dent.* 1994 Jan-Fev;19(1):26-32. PMID:8183730.
8. AlQahtani MQ, AlShaafi MM, Price RB. Effects of single-peak vs polywave light-emitting diode curing lights on the polymerization of resin cement. *J Adhes Dent.* 2013 Dez;15(6):547-51. PMID:23653902.
9. Flury S, Lussi A, Hickel R, Ilie N. Light curing through glass ceramics: effect of curing mode on micromechanical properties of dual-curing resin cements. *Clin Oral Investig.* 2014 Abr;18(3):809-18. <http://dx.doi.org/10.1007/s00784-013-1051-y>. PMID:23929361.
10. Lawson NC, Burgess JO. Dental ceramics: a current review. *Compend Contin Educ Dent.* 2014 Mar;35(3):161-6, quiz 168. PMID:24773195.
11. el-Mowafy OM, Rubo MH, el-Badrawy WA. Hardening of new resin cements cured through a ceramic inlay. *Oper Dent.* 1999 Jan-Fev;24(1):38-44. PMID:10337297.
12. Borges GA, Agarwal P, Miranzi BA, Platt JA, Valentino TA, Santos PH. Influence of different ceramics on resin cement Knoop Hardness Number. *Oper Dent.* 2008 Nov-Dez;33(6):622-8. <http://dx.doi.org/10.2341/07-155>. PMID:19051854.
13. Rasetto FH, Driscoll CF, von Fraunhofer JA. Effect of light source and time on the polymerization of resin cement through ceramic veneers. *J Prosthodont.* 2001 Set;10(3):133-9. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1532-849X.2001.00133.x>. PMID:11641840.
14. Kilinc E, Antonson SA, Hardigan PC, Kesercioglu A. The effect of ceramic restoration shade and thickness on the polymerization of light- and dual-cure resin cements. *Oper Dent.* 2011 Nov-Dez;36(6):661-9. <http://dx.doi.org/10.2341/10-206-L>. PMID:21913860.
15. Lee JW, Cha HS, Lee JH. Curing efficiency of various resin-based materials polymerized through different ceramic thicknesses and curing time. *J Adv Prosthodont.* 2011 Set;3(3):126-31. <http://dx.doi.org/10.4047/jap.2011.3.3.126>. PMID:22053242.
16. Passos SP, Kimpara ET, Bottino MA, Santos GC Jr, Rizkalla AS. Effect of ceramic shade on the degree of conversion of a dual-cure resin cement analyzed by FTIR. *Dent Mater.* 2013 Mar;29(3):317-23. <http://dx.doi.org/10.1016/j.dental.2012.11.014>. PMID:23261020.
17. Ferracane JL, Greener EH. The effect of resin formulation on the degree of conversion and mechanical properties of dental restorative resins. *J Biomed Mater Res.* 1986 Jan;20(1):121-31. <http://dx.doi.org/10.1002/jbm.820200111>. PMID:3949822.
18. Heffernan MJ, Aquilino SA, Diaz-Arnold AM, Haselton DR, Stanford CM, Vargas MA. Relative translucency of six all-ceramic systems. Part I: core materials. *J Prosthet Dent.* 2002 Jul;88(1):4-9. <http://dx.doi.org/10.1067/mpr.2002.126794>. PMID:12239472.
19. Heffernan MJ, Aquilino SA, Diaz-Arnold AM, Haselton DR, Stanford CM, Vargas MA. Relative translucency of six all-ceramic systems. Part II: core and veneer materials. *J Prosthet Dent.* 2002 Jul;88(1):10-5. <http://dx.doi.org/10.1067/mpr.2002.126795>. PMID:12239473.
20. Rocha SS, Andrade GS, Segalla JCM. Sistema In-ceram de infra-estruturas totalmente cerâmicas. *Rev Fac Odontol Lins.* 2004;16:7-12.

CONFLITOS DE INTERESSE

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

*AUTOR PARA CORRESPONDÊNCIA

Adriano Augusto Melo de Mendonça, Departamento de Odontologia, UFS – Universidade Federal de Sergipe, Rua Claudio Batista, s/n, Santo Antônio, 49060-100 Aracaju – SE, Brasil, e-mail: adri_amm@yahoo.com.br

Recebido: Agosto 11, 2014

Aprovado: Fevereiro 26, 2015