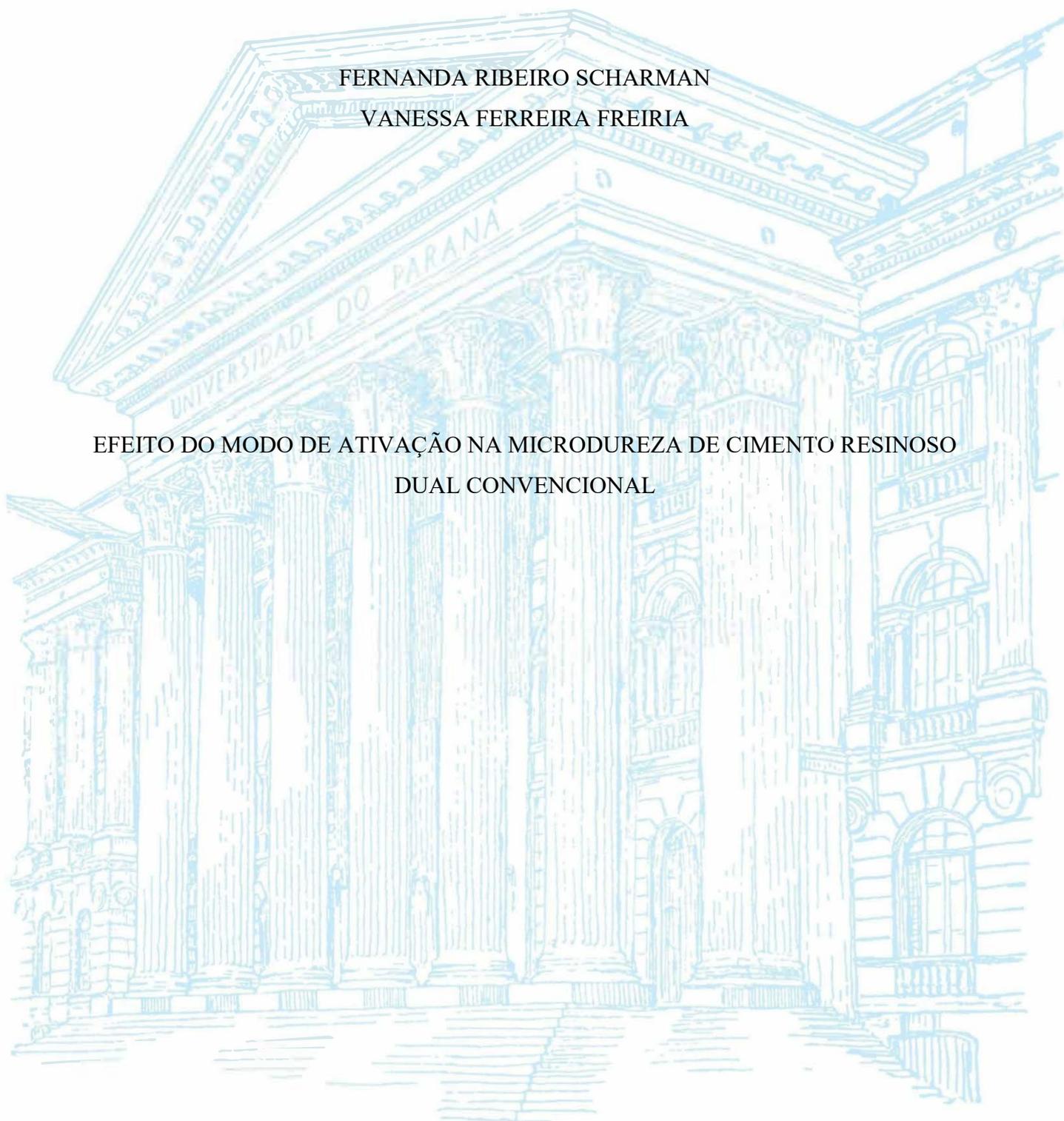


UNIVERSIDADE FEDERAL DO
PARANÁ

FERNANDA RIBEIRO SCHARMAN
VANESSA FERREIRA FREIRIA

EFEITO DO MODO DE ATIVAÇÃO NA MICRODUREZA DE CIMENTO RESINOSO
DUAL CONVENCIONAL



CURITIBA

2023

FERNANDA RIBEIRO SCHARMAN

VANESSA FERREIRA FREIRIA

EFEITO DO MODO DE ATIVAÇÃO NA MICRODUREZA DE CIMENTO RESINOSO
DUAL CONVENCIONAL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Odontologia da Universidade Federal do Paraná como requisito à obtenção do título de Cirurgião Dentista.

Orientadora: Prof^a Dr^a Andresa Carla Obici

CURITIBA

2023

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaríamos de agradecer a Deus por conceder sabedoria, paciência e perseverança durante todo o processo de elaboração deste trabalho e do nosso caminho.

Gostaríamos de expressar nossa gratidão à nossa orientadora, Prof^a Dr^a Andresa Carla Obici, pela orientação valiosa, sabedoria e encorajamento que nos proporcionou durante todo o processo. Seu comprometimento com a pesquisa e sua disponibilidade para ajudar foram fundamentais para o êxito deste trabalho.

Nossa gratidão aos professores Allan Gustavo Nagata e Ivana Froede Neiva por terem dedicado seu tempo e expertise na composição da banca examinadora.

Gostaríamos de expressar nossa mais profunda gratidão às nossas famílias pelo inabalável apoio, encorajamento e motivação durante nosso período na graduação. O apoio incondicional e a compreensão nos momentos mais desafiadores desta caminhada foram fundamentais para o nosso sucesso acadêmico e pessoal. Sentimo-nos extremamente afortunadas por tê-los em nossas vidas e agradecemos por tudo o que fizeram por nós. Sabemos que sem o amor e o apoio de nossas famílias, não teríamos chegado tão longe. Novamente, nosso mais sincero agradecimento por tudo que vocês fizeram e continuam fazendo por nós.

Por fim, mas certamente não menos importante, gostaríamos de agradecer uma à outra pela amizade e parceria que construímos ao longo da graduação. Nossa amizade foi fundamental para enfrentarmos juntas os desafios acadêmicos e pessoais que surgiram ao longo do caminho, tornando nossa história mais significativa e gratificante. É uma grande alegria saber que sempre poderemos contar uma com a outra como companheira e amiga na jornada da vida.

Mais uma vez, a todos que ajudaram a tornar possível a realização desta conquista, muito obrigada!

RESUMO

Os objetivos deste trabalho foram avaliar o efeito do modo de ativação (dual ou química) e da atenuação de luz na microdureza Knoop, bem como na densidade de ligações cruzadas por meio do teste de amolecimento de um cimento resinoso dual convencional. O material foi inserido em matriz metálica com 6mm de diâmetro interno e 0,5 mm de espessura utilizando ponta misturadora e, então os corpos de prova foram subdividido em três grupos (n=10): G1 - fotoativação por 20s utilizando aparelho à base de LED (Emitter B, Schuster); G2 - manutenção em recipiente seco e escuro (presa química); G3 - interposição de um disco cerâmico de dissilicato de lítio (E-Max, Ivoclar, Barueri, Brasil), de 1,5mm de espessura para a fotoativação. Após 24h em 37°C, a microdureza Knoop foi mensurada (DK_1) e, então, os espécimes submersos em álcool absoluto, mantidos em 37°C por 24h e novos valores de dureza obtidos (DK_2). A redução percentual da dureza foi calculada a partir dos valores de DK_1 e DK_2 . Os resultados mostraram que a dureza em 48h foi menor do que em 24h para todos os grupos. A comparação entre grupos mostrou que para DK_1 , o G1 obteve valores intermediários sem diferença de G2 e G3, os quais diferiram entre si. Para DK_2 , G1 e G3 demonstraram os maiores valores sem diferenças entre si, mas diferiram de G2. A redução percentual da dureza do G1 foi menor do que de G2 e G3. Assim foi possível concluir que modo de ativação afeta a dureza e a densidade de ligações cruzadas do cimento resinoso.

Palavras-chave: Cimento resinoso, Polimerização, Microdureza.

ABSTRACT

The objectives of this work were to evaluate the effect of activation mode (dual or chemical) and light attenuation on Knoop microhardness, as well as on crosslink density by means of the softening test of a conventional dual resin cement. The material was inserted into a metal matrix with an internal diameter of 6 mm and a thickness of 0.5 mm thick using a mixing tip, and then subdivided into three groups (n=10): G1 - photoactivation for 20s using an LED-based device (Emitter B, Schuster); G2 - maintenance in a dry and dark container (chemical setting); G3 - interposition of a 1.5 mm thick ceramic disk of lithium disilicate (E- Max, Ivoclar, Barueri, Brazil) for photoactivation. After 24 h at 37°C, the Knoop microhardness was measured (DK1), and then the specimens were submerged in absolute alcohol, kept at 37°C for 24 h, and new hardness values were obtained (DK2). The percent reduction in hardness was calculated from the DK1 and DK2 values. The results showed that the hardness at 48h was lower than at 24h for all groups. Comparison between groups showed that for DK1, G1 obtained intermediate values with no difference from G2 and G3, which differed from each other. For DK2, G1 and G3 showed the highest values without differences between them, but differed from G2. The percentage reduction in hardness of G1 was smaller than that of G2 and G3. The mode of activation affects the hardness and cross-link density of the resin cement.

Keywords: Resin cement, Polymerization, Microhardness.

INTRODUÇÃO

A construção de edifícios e a fabricação de eletroeletrônicos, automóveis e medicamentos; a modernização e o crescimento das civilizações; assim como o aumento da expectativa de vida dependem, em primeiro grau, do aprofundado conhecimento dos materiais envolvidos na elaboração de cada pequeno detalhe dessas atividades (REIS, 2021). Na área odontológica não é diferente, pois o desenvolvimento e evolução dos materiais e técnicas permitiram melhorias no atendimento prestado. O ritmo acelerado da inovação de insumos resultou na necessidade de familiarização dos cirurgiões-dentistas com uma vasta dimensão de conhecimento de materiais restauradores e sistemas de cimentação para empregar em seu dia a dia. Neste contexto, as restaurações indiretas têm sido amplamente utilizadas devido a sua capacidade de mimetizar estruturas dentárias naturais, oferecendo resultado estético elevado e satisfação aos pacientes, promovendo melhora na autoestima e qualidade de vida (SANTOS et al., 2016; BRANDÃO et al., 2021).

Os cimentos resinosos representam atualmente o material de eleição utilizado para a cimentação de restaurações indiretas, sejam em resina composta ou cerâmica, devido às suas propriedades de resistência de união, resistência ao desgaste, bom acabamento e ajuste das bordas, adesão à estrutura protética e baixa solubilidade quando obtém adequada polimerização e, por conseguinte, alto grau de polimerização (VALADARES, 2019; BARBON et al., 2022).

A classificação dos cimentos resinosos varia conforme o aspecto considerado. Assim, no que se refere à forma com que interagem com o substrato dental, os cimentos resinosos podem ser classificados de duas formas: convencionais ou autoadesivos. Os cimentos resinosos convencionais não possuem nenhum mecanismo intrínseco de adesão aos substratos dentais e, por isso, requerem a associação a um sistema adesivo previamente a sua utilização. Por outro lado, os cimentos autoadesivos possuem adesão à estrutura dental, pois são compostos por monômeros ácidos funcionais que interagem com o substrato dental e, assim, não necessitam de aplicação prévia de sistema adesivo (MANSO; CARVALHO, 2017; SOLON-DE-MELLO et al., 2019; REIS, 2021). Quando se considera o sistema de ativação, podem ser quimicamente ativados, fotoativados ou de dupla ativação ou “duais” (VIEIRA et al., 2016; ISO 4049, 2019; REIS, 2021). Os cimentos duais apresentam o maior número de aplicações clínicas, pois foram formulados no intuito de assegurar a completa polimerização do cimento, mesmo sob restaurações opacas e espessas onde a luz não é capaz de alcançar o material, uma vez que incorporam iniciadores fotossensíveis e químicos (HOFMANN et al., 2001; REIS, 2021).

É importante considerar que uma adequada polimerização tem papel indispensável para o

desenvolvimento máximo das propriedades físicas e mecânicas do material, o que pode não ocorrer quando a ativação ocorre apenas pela iniciação química dos cimentos duais (BERNARDO; OBICI; SINHORETI, 2008; MARQUES et al., 2020). Uma polimerização incompleta resulta em cadeias poliméricas com menor densidade de ligações cruzadas, as quais permitem maior absorção de água e conseqüente degradação do cimento resinoso, o que resulta em uma menor resistência mecânica (FERRACANE, 2006; de CERQUEIRA et al., 2021).

Outro fator que deve ser considerado, é que clinicamente os cimentos resinosos duais são usados para a cimentação de diferentes materiais restauradores indiretos, os quais atuam como atenuadores para a passagem de luz. Deste modo, diferentes espessuras e opacidades afetam diretamente a quantidade de luz que alcança o cimento resinoso e, portanto, suas propriedades finais (RIZZANTE et al., 2018; de CERQUEIRA et al., 2021).

Desta forma, os objetivos deste estudo foram avaliar o efeito do modo de ativação e da atenuação de luz na microdureza Knoop de um cimento resinoso dual convencional e na densidade de ligações cruzadas por meio do teste de amolecimento.

METODOLOGIA

Para a realização do estudo foi utilizado o cimento resinoso dual convencional Allcem Core[®] (FGM Produtos Odontológicos, Joinville, SC, Brasil), cor A3, cuja composição é apresentada na tabela 1.

Tabela 1. Composição e lote do cimento resinoso utilizado.

| Material | Fabricante | Composição | Lote |
|--|------------|---|--------|
| AllCem Dual | FGM | Monômeros: BIS-GMA, Bis-EMA, TEGDMA | 170322 |
| | | Catalisadores: CQ, peróxido de dibenzoíla, estabilizantes | 080221 |
| | | Carga: vidro de bário-alumino silicato e nanopartículas de SiO ₂ silanizada (68 p%). | |
| *BIS-GMA: bisfenol-Aglicidildimetacrilato; Bis-EMA: bisfenol Aglicidildimetacrilatoetoxilado; *TEGDMA: trietileno glicol dimetacrilato; CQ: canforoquinona; SiO ₂ : dióxido de silício (sílica). | | | |

Os corpos de prova foram confeccionados em sala climatizada (21±1°C) utilizando matrizes metálicas circulares de aço inoxidável com 6 mm de diâmetro interno e 0,5 mm de espessura, as quais foram posicionadas sobre tira de poliéster (TDV, Pomerode, SC, Brasil) e este conjunto sobre uma placa de vidro polida e grossa. O cimento resinoso foi aplicado no centro da matriz com o auxílio da ponta automisturadora Core (FGM Produtos Odontológicos, Joinville, SC, Brasil) fornecida junto com o material. Após o preenchimento da matriz foi acomodado outro pedaço da tira de poliéster sobre o corpo de prova e, em seguida, um peso de 100g foi posicionado sobre o conjunto para permitir a planificação da superfície e extrusão do excesso de cimento (figura 1).



Figura 1. A. Inserindo o cimento resinoso no centro da matriz. B. Colocação da tira de poliéster sobre o conjunto matriz- cimento. C. Colocação do peso sobre o conjunto.

Os corpos de prova foram, então, divididos em três grupos:

- Grupo 1 (n=10): fotoativação do material (presa dual) por 20s com a ponta do fotopolimerizador à base de LED Emitter B (Schuster, Santa Maria, RS, Brasil) perpendicular e justaposta ao material;
- Grupo 2 (n=10): sem fotoativação (presa química)
- Grupo 3 (n=10): fotoativação do material (presa dual) por 20s utilizando um disco de cerâmica de dissilicato de lítio (E-Max, Ivoclar, Barueri, Brasil), cor LTA2, na espessura de 1,5 mm interposto à ponta do fotopolimerizador à base de LED Emitter B (Schuster, Santa Maria, RS, Brasil).

A irradiância foi mensurada utilizando um radiômetro RD-7 (Ecel, Ribeirão Preto, SP, Brasil) antes de iniciar a confecção dos espécimes dos grupos 1 e 3 e, posteriormente, a média aritmética foi calculada. Para o grupo 3, a irradiância foi aferida com e sem a interposição do disco cerâmico na janela de leitura do radiômetro e a porcentagem média de diminuição deste valor foi calculada.

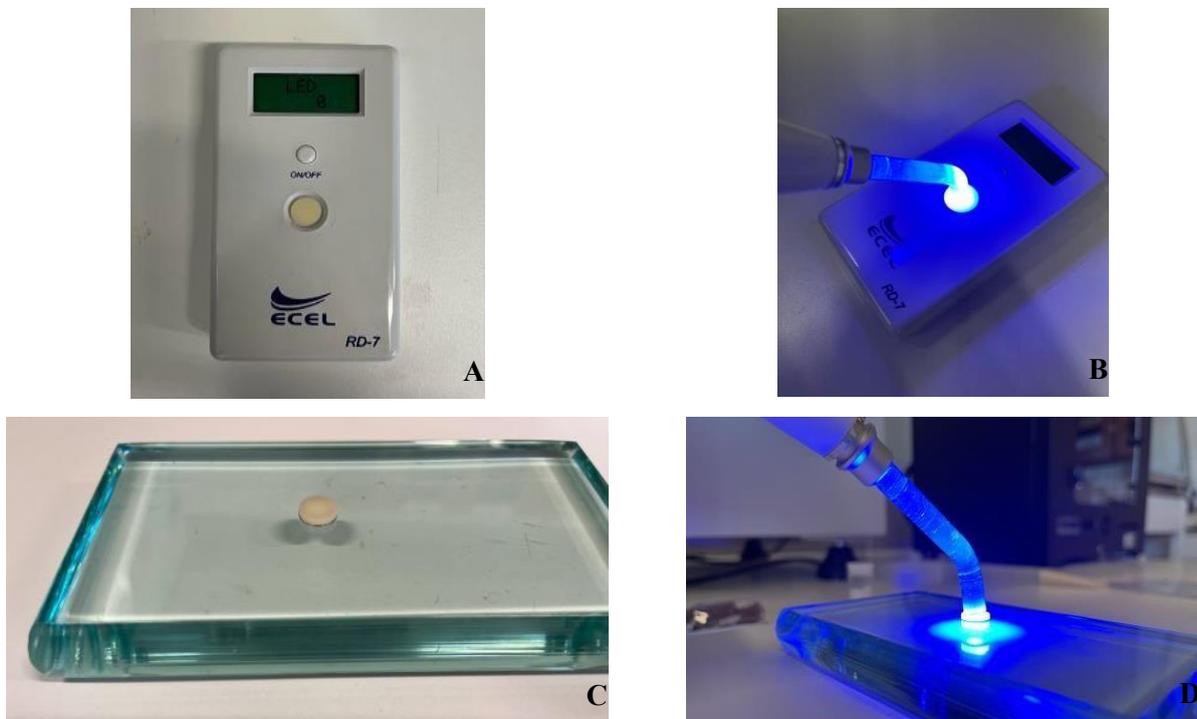


Figura 2. A. Radiômetro utilizado para medir a irradiância do fotopolimerizador. B. Aferindo a irradiância com a atenuação da pastilha. C. Pastilha posicionada sobre a matriz com cimento resinoso. D. Fotopolimerização do conjunto matriz-cimento com a pastilha.

Finalizada a confecção dos corpos de prova, estes foram acondicionados individualmente em recipiente seco e escuro devidamente identificado e mantidos em uma estufa bacteriológica e de secagem (Lucadema, São José do Rio Preto, SP, Brasil) a 37°C durante 24±1 hora. Após o período de armazenamento, a superfície do topo do corpo de prova foi polida com lixas d'água nas granulações 1200 e 2000 (3M, Sumaré, São Paulo, Brasil), utilizando politriz semiautomática Aropol 2V (Arotec, Cotia, SP, Brasil). Em seguida, os espécimes foram submetidos ao teste de microdureza Knoop (Bhueler, modelo nº 5104, Mitutoyo, Santo Amaro, SP, Brasil), sendo feita 10 indentações aleatoriamente distribuídas por toda a superfície, utilizando 25g de carga por 5s e evitando as bordas do limite matriz metálica/material. Deste modo, a média de dureza Knoop de cada espécime foi calculada (DK₁).



Figura 3. A. Base, confeccionada em resina pelas próprias alunas, para adaptar a matriz na politriz. B. Politriz utilizada no polimento dos corpos de prova. C. Microdurômetro utilizado na pesquisa.

Imediatamente após as primeiras indentações, os corpos de prova foram submersos em álcool absoluto utilizando um fio dental amarrado na tampa do recipiente e fixado na borda da matriz metálica com cianoacrilato (Super Bonder, Loctit-Henkel, Itapevi, São Paulo, Brasil), garantindo assim, que os espécimes ficassem suspensos no interior do recipiente. Em seguida, as amostras foram levadas novamente à estufa a 37°C por mais 24±1 hora. Transcorrido este período, os corpos de prova foram submetidos à mensuração da microdureza Knoop, nas mesmas especificações anteriormente descritas, obtendo uma nova média (DK₂).

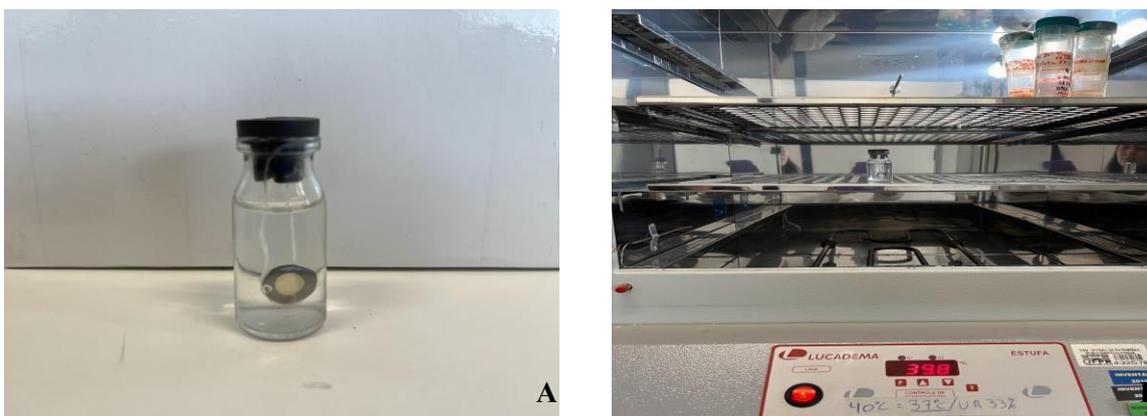


Figura 4. A. Corpo de prova imerso em álcool absoluto. B. Estufa utilizada para manter os corpos de prova.

Para finalizar, a porcentagem de redução da microdureza Knoop foi calculada usando a fórmula:

$$\frac{Dk_1}{Dk_2} \times 100$$

*DK₁ é a microdureza Knoop em 24 horas e DK₂ é a microdureza Knoop em 48 horas.

Os dados foram submetidos à análise estatística descritiva e inferencial ($\alpha=5\%$) utilizando o programa BioEstat 5.3 (Instituto Mamirauá, Tefé, AM, Brasil). O teste Shapiro-Wilk foi aplicado para verificar a normalidade dos grupos em dois momentos: para os valores médios de dureza em 24 e 48 horas dos três grupos e para a porcentagem de redução da microdureza Knoop. As diferenças foram calculadas usando o teste *t* de Student pareado para comparar os valores médios de dureza em 24 e 48h dentro de um mesmo grupo, enquanto a comparação entre grupos foi feita utilizando o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis e pós-

teste de Dunn. A comparação da redução da dureza foi feita empregando ANOVA e pós-teste de Tukey.

RESULTADOS

Ao relacionar os valores médios entre os entre 24 horas e 48 horas nos três grupos preparados, os resultados mostram diferenças estatísticas relevante, comparando os grupos no intervalo de 24 horas $G1 \times G3 = p < 0,05$, já a análise dos resultados no período de 48 horas é possível observar $G1 \times G2 = p < 0,05$ e $G2 \times G3 = p < 0,05$.

Tabela 2. Valores médios da microdureza Knoop (desvio padrão) considerando o método de ativação e os tempos de avaliação.

| | Grupo 1 | | | | Grupo 2 | | | | Grupo 3 | | | |
|------------|---------|--------|---|----|---------|--------|---|---|---------|--------|---|---|
| 24h | 31,54 | (3,01) | A | ab | 28,61 | (4,31) | A | b | 35,19 | (3,48) | A | a |
| 48h | 23,72 | (2,79) | B | a | 15,53 | (2,16) | B | b | 21,72 | (2,24) | B | a |

*Valores médios seguidos (sentido vertical) de letras minúsculas distintas diferem estatisticamente entre si ($p < 0,05$)

*Valores médios seguidos (sentido horizontal) de letras maiúsculas distintas diferem estatisticamente entre si ($p < 0,05$)

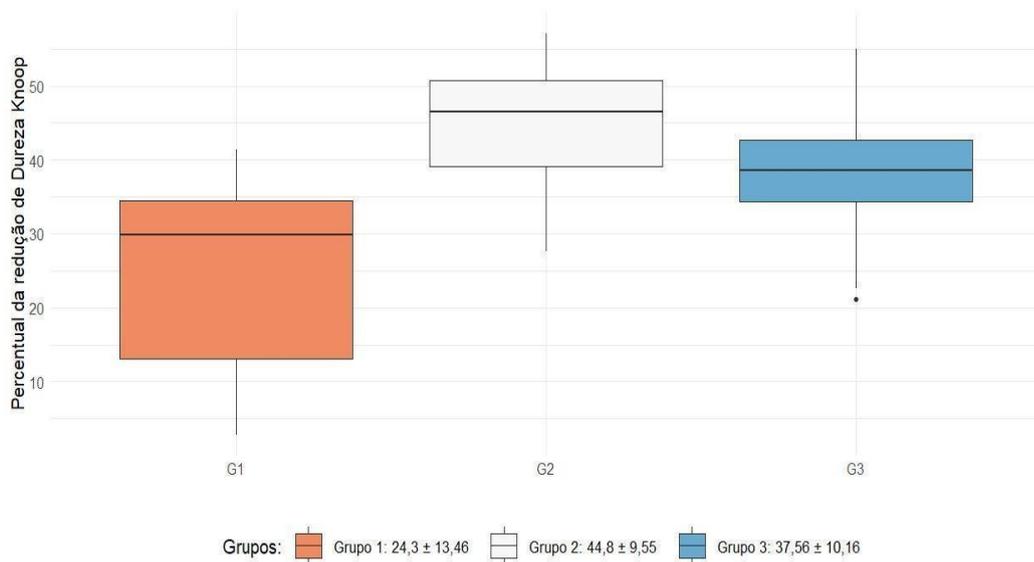


Figura 5. Gráfico Box-Plot (média±desvio padrão) da percentagem de redução da microdureza Knoop para os grupos 1, 2 e 3.

DISCUSSÃO

Os cimentos resinosos são os materiais de eleição para a cimentação das restaurações estéticas indiretas, independentemente do material (resinas compostas ou cerâmicas), devido as suas propriedades como resistência de união, espessura de película, adesão à estrutura protética e baixa solubilidade quando adequadamente polimerizados (VALADARES, 2019; de CERQUEIRA et al., 2021; BARBON et al., 2022). Portanto, é importante que o material atinja elevado grau de conversão de modo a alcançar propriedades físicas e mecânicas adequadas e, assim, propiciar longevidade e desempenho clínico satisfatório (RIZZANTE et al., 2018; MARQUES et al., 2020; de CERQUEIRA et al., 2021; BARBON et al., 2022). Cabe ressaltar que os materiais utilizados para a confecção das restaurações indiretas podem atenuar, ou mesmo impedir a passagem de luz (ARCHEGAS et al., 2012; RIZZANTE et al., 2018; PEREIRA et al., 2021). Assim, é importante que os cimentos duais, que apresentam intrinsecamente dois mecanismos de iniciação de polimerização, obtenham alto grau de conversão em diferentes cenários que acontecem na prática clínica (PUPPIN-RONTANI et al., 2012; ALDHAFYAN; SILIKAS; WATTS, 2022).

O ensaio de dureza é um método simples e confiável, comumente usado com a finalidade de determinar de forma indireta o grau de conversão de materiais resinosos, sendo que o teste de microdureza Knoop é o mais indicado, pois as dimensões usadas como referência para o cálculo não sofrem recuperação elástica depois da remoção da carga (PUPPIN-RONTANI et al., 2012; SHEN; RAWLS; ESQUIVEL-UPSHAW, 2023).

Dentro desta perspectiva, um dos objetivos do presente trabalho foi avaliar o efeito do modo de ativação e da atenuação de luz sobre a microdureza Knoop de um cimento resinoso dual convencional, de modo a simular diferentes situações clínicas: a exposição do material diretamente à luz do aparelho fotoativador (G1); a ausência de luz para iniciar o processo de polimerização (G2), e; a atenuação da luz por meio da interposição de disco cerâmico (G3). Após 24 horas de armazenamento a seco e no escuro (DK₁), os resultados mostraram que o grupo fotoativado com a ponta do aparelho justaposta ao cimento alcançou valores de dureza intermediários e sem diferença em relação aos grupos de presa química ou com luz atenuada. Este achado pode ser parcialmente explicado com base no tempo em que a microdureza foi mensurada, ou seja, após 24 horas da mistura/irradiação do material. Segundo Yan et al. (2010) a maior parte da reação de polimerização dos cimentos resinosos parece acontecer dentro de 24

horas. Neste sentido, mesmo que haja diferença na velocidade em que a reação de polimerização iniciada por luz, mesmo que atenuada, ou quimicamente ocorre, após este período parece existir um equilíbrio entre elas (JANG et al., 2017). Ainda, de acordo com Alshali et al. (2015) e Aldhafyan, Silikas e Watts (2022), maior grau de conversão e, portanto, aumento nos valores de dureza após 24 horas de armazenamento a seco é principalmente atribuído ao aumento progressivo das reações de ligações cruzadas e polimerização pós-irradiação da matriz resinosa.

O grau de polimerização obtido por um material compósito influencia nas suas propriedades mecânicas, assim como na degradação por água e outros solventes orais e na liberação de monômeros residuais para o entorno (PEDREIRA et al., 2009). Deste modo, os fenômenos de sorção e solubilidade podem causar preocupações biológicas e afetar a durabilidade do material polimérico, interferindo tanto na sua estrutura, morfologia superficial e dureza, o que impacta na sua função ao longo do tempo (FERRACANE, 2006; PAN et al., 2018; de CERQUEIRA et al., 2021).

Com isto em mente, o presente trabalho também avaliou a dureza dos três grupos após 24h de imersão em álcool absoluto (DK₂). Os resultados mostraram que todos os grupos tiveram significativa redução nos valores de microdureza e que houve diferença entre eles, sendo que o grupo 2 (apenas presa química) demonstrou os menores valores de dureza. Os dois grupos que receberam luz para iniciar a polimerização não mostraram diferenças entre si. Isto sugere diferenças nas estruturas das redes poliméricas formadas e, conseqüente suscetibilidade à degradação. A estrutura das redes de polímeros que se formam após a polimerização do material, pode apresentar diferentes características. Redes poliméricas que possuem alta densidade de ligações cruzadas tem absorção e inchaço reduzido devido ao baixo volume livre na rede e também as ligações covalentes que causam a proximidade das diversas cadeias de polímeros. É aceito na literatura que cadeias poliméricas lineares são mais suscetíveis à degradação por solventes e à absorção de água, pois possuem espaço livre para moléculas de solventes se difundirem em meio a sua estrutura. Por outro lado, cadeias transversais são mais resistentes a esse processo, já que seu volume livre é menor (FERRACANE, 2006; SCHNEIDER et al., 2008; ALDHAFYAN; SILIKAS; WATTS, 2021).

Ademais, conforme relatado por Aldhafyan, Silikas e Watts (2021), solventes podem penetrar nas cadeias e agir sobre as cadeias poliméricas, degradando a matriz resinosa e lixiviando monômeros residuais, resultando na diminuição da dureza. De fato, Moldovan et al. (2019) relatam que monômeros eluidos podem afetar de forma negativa nas propriedades

mecânicas do material, que poderá apresentar uma diminuição na resistência ao desgaste, menor dureza e aumento da tendência à descoloração. As redes tridimensionais com ligações cruzadas das resinas dimetacrilato incham quando expostas a solventes. Isso ocorre porque as forças de atração entre as moléculas de solvente e a cadeia são maiores que as forças entre as cadeias poliméricas. Desta forma, o solvente penetra na matriz de resina e expande os espaços existentes entre as cadeias. Neste sentido, cadeias poliméricas com alta densidade de ligações cruzadas exercem um papel importante nas propriedades finais do polímero formado, contribuindo para a maior resistência à fratura e ao desgaste, assim como são menos susceptíveis ao amolecimento por diferentes alimentos e bebidas e mesmo ao ataque enzimático (FERRACANE, 2006; ALEIXO et al., 2014).

Deste modo, o teste de amolecimento em etanol tem sido usado para avaliar a densidade de ligações cruzadas em materiais à base de resinas dimetacrilato, por meio da comparação da dureza superficial antes e após sua imersão no solvente (FERRACANE, 2006; LEPRICE et al., 2013; ALSHALI et al., 2015). O presente estudo avaliou a densidade de ligações cruzadas por meio do cálculo da porcentagem de redução da dureza utilizando a metodologia do teste de amolecimento. Os resultados mostraram que o menor percentual de redução da dureza foi no grupo 1 (24,3%), o qual recebeu a maior quantidade de luz fotoiniciadora (irradiância média de 1132mW/cm²). Isto sugere que a matriz polimérica formada apresentou maior densidade de ligações cruzadas. Os grupos 2 (44,85%) e 3 (37,56%) não mostraram diferenças entre si.

Clinicamente estes achados são importantes, pois podem reforçar para os clínicos o papel que a fotoativação com aparelhos que emitam adequada quantidade de luz exercem nas propriedades finais do cimento resinoso e, conseqüentemente, na longevidade dos tratamentos realizados.

CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos nessa pesquisa, podemos concluir que o cimento resinoso Allcem Core mostrou diferentes valores de dureza, dependendo do modo de ativação. A fotoativação do material resultou em maiores valores de dureza, embora o grupo 1 mostrou valores de dureza intermediários em 24h, porém após 48h, os grupos que receberam luz obtiveram valores de dureza significativamente maiores. A imersão em álcool reduziu a dureza em todos os grupos. A porcentagem de redução da dureza demonstrou que a fotoativação com ponta do aparelho justaposta ao material proporciona um material com menor redução percentual de dureza. Portanto, o modo de ativação afeta tanto a dureza quanto a densidade de ligações cruzadas do cimento resinoso estudado.

REFERÊNCIAS

1. ALDHAFYAN M, SILIKAS N, WATTS DC. **Influence of curing modes on conversion and shrinkage of dual-cure resin-cements.** Dental Materials. 2022; 38(1):194-203. DOI: 10.1016/j.dental.2021.12.004.
2. ALDHAFYAN M, SILIKAS N, WATTS DC. **Influence of curing modes on thermal stability, hardness development and network integrity of dual-cure resin cements.** Dental Materials. 2021; 27: S0109-5641(21)00277-3. DOI: 10.1016/j.dental.2021.09.016.
3. ALEIXO AR, GUIRALDO RD, FUGOLIN AP, BERGER SB, CONSANI RL, CORRER AB, GONINI-JÚNIOR A, LOPES MB. **Evaluation of contraction stress, conversion degree, and cross-link density in low-shrinkage composites.** Photomedicine and Laser Surgery. 2014; 32(5): 267-73. DOI: 10.1089/pho.2013.3678.
4. ALSHALI RZ, SALIM NA, SATTERTHWAITTE JD, SILIKAS N. **Post-irradiation hardness development, chemical softening, and thermal stability of bulk-fill and conventional resin-composites.** Journal of Dentistry. 2015; 43(2): 209-18. DOI: 10.1016/j.jdent.2014.12.004.
5. ARCHEGAS LRP, DE MENEZES CALDAS, RACHED RN, SOARES P, SOUZA EM. **Effect of ceramic veneer opacity and exposure time on the polymerization efficiency of resin cements.** Operative Dentistry. 2012; 37(3): 281-289. DOI: 10.2341/11-134-L
6. BARBON FJ, ISOLAN CP, SOARES LD, BONA AD, DE OLIVEIRA DA ROSA WL, BOSCATO N. **A systematic review and meta-analysis on using preheated resin composites as luting agents for indirect restorations.** Clin Oral Investig. 2022; 26(4): 3383-93. DOI: 10.1007/s00784-022-04406-z
7. BERNARDO RT, OBICI AC, SINHORETI MAC. **Efeito da ativação química ou dual na microdureza knoop de cimentos resinosos.** Ciência Odontológica Brasileira. 2008. 11 (4): 80- 85.
8. BRANDÃO MRSG, DOS REIS TA, ANDRADE CMO, DE SOUSA EAR. **Cerâmicas odontológicas: classificação, propriedades e indicações e protocolo de cimentação.** Research, Society and Development. 2021; 10 (6): e47910616007. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i6.16007>
9. CHARNET, R.; FREIRE, C.; CHARNET, E.; BONVINO, H. **Análise de modelos de regressão linear: com aplicações.** Campinas: Editora da Unicamp, 2.ed., 2008. 356 p
10. COLOSIMO; E. A, GIOLO, S. R. **Análise de sobrevivência aplicada.** São Paulo: Edgard Blucher, 2006. 392 p.
11. CORBIÈRE, F.; JOLY, P. A. **SAS macro for parametric and semiparametric mixture cure models.** Computer Methods and Programs in Biomedicine, v. 85, n. 2, p. 173-180, 2007.
12. COX, D. R. **Regression models and life tables.** Journal Royal Statistical Society, Series B, v. 34, n. 2, p. 187-220, 1972.
13. DE CERQUEIRA GA, SOUZA LS, GOMES RS, MARCHI GM, MATHIAS P. **Effect of ceramic thicknesses and opacities on water sorption and solubility of a light-curing resin cement by different units.** Brazilian Journal of Oral Science. 2021; 20: e211656. DOI: <http://dx.doi.org/10.20396/bjos.v20i00.8661656>

14. FERRACANE JL. **Hygroscopic and hydrolytic effects in dental polymer networks.** Dental Materials. 2006 Mar;22(3):211-22. doi: 10.1016/j.dental.2005.05.005. Epub 2005 Aug 8. PMID: 16087225.
15. FREIRE, R. M. **Sistemas locais de apropriação dos recursos e suas implicações para projetos de manejo comunitário.** 2001. 177 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.
16. HOFMANN N, PAPSTHART G, HUGO B, KLAIBER B. **Comparison of photo-activation versus chemical or dual-curing of resin-based luting cements regarding flexural strength, modulus and surface hardness.** Journal of Oral Rehabilitation. 2001 Nov;28(11):1022-8. doi: 10.1046/j.1365-2842.2001.00809.x. PMID: 11722718.
17. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, TECHNICAL COMMITTEE. ISO/TC 106/SC 1. **Dentistry-polymer-based restorative materials (ISO 4049).** 5th ed. Geneva: ISO; 2019.
18. JANG Y, FERRACANE JL, PFEIFER CS, PARK JW, SHIN Y, ROH BD. **Effect of Insufficient Light Exposure on Polymerization Kinetics of Conventional and Self-adhesive Dual-cure Resin Cements.** Operative Dentistry. 2017; 42(1): E1-E9. DOI: 10.2341/15-278-L.
19. KAPLAN, E. L.; MEIER, P. **Nonparametric estimation from incomplete observations,** Journal of the American Statistical Association, v. 53, p. 457-481, 1958.
20. LEPRINCE JG, PALIN WM, HADIS MA, DEVAUX J, LELOUP G. **Progress in dimethacrylate-based dental composite technology and curing efficiency.** Dental Materials. 2013; 29(2): 139-56. DOI: 10.1016/j.dental.2012.11.005. Erratum in: Dent Mater. 2013 Apr;29(4):493. PMID: 23199807.
21. MANSO AP, CARVALHO RM. **Dental cements for luting and bonding restorations: self-adhesive resin cements.** Dent Clin N Am. 2017; 61(4):821–834. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cden.2017.06.006>
22. MANTEL, N. **Evaluation of survival data and two new rank-order statistics arising in its consideration.** Cancer Chemotherapy Reports, v. 50, p. 163-170, 1966.
23. MARQUES JN, GONZALEZ CB, SILVA EM, PEREIRA GDS, SIMÃO RA, PRADO M. **Análise comparativa da resistência de união de um cimento convencional e um cimento autoadesivo após diferentes tratamentos na superfície de pinos de fibra de vidro.** Revista de Odontologia da Unesp, [s.l.], v. 45, n. 2, p. 121-126, 8 maio 2020. FapUNIFESP (SciELO). DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-2577.18615>
24. MARTINS, G. O.; ROCHA, S. H. **Evasão e tempo de permanência no curso de estatística da Universidade Federal do Paraná: um estudo sobre os alunos que ingressaram no período de 1991 a 2011.** 2011. 79 p. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso de Estatística) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.
25. MOLDOVAN M, BALAZSI R, SOANCA A, ROMAN A, SAROSI C, PRODAN D, VLASSA M, COJOCARU I, SACELEANU V, CRISTESCU I. **Evaluation of the degree of conversion, residual monomers and mechanical properties of some light-cured dental resin composites.** Materials (Basel). 2019; 12(13): 2109. DOI: 10.3390/ma12132109.
26. PAN Y, XU X, SUN F, MENG X. **Surface morphology and mechanical properties of conventional and self-adhesive resin cements after aqueous aging.** Journal of Applied Oral Science. 2018; 27: e20170449. DOI: 10.1590/1678-7757-2017-0449.

27. PEDREIRA AP, PEGORARO LF, DE GÓES MF, PEGORARO TA, CARVALHO RM. **Microhardness of resin cements in the intraradicular environment: effects of water storage and softening treatment.** Dental Materials. 2009; 25(7): 868-76. DOI: 10.1016/j.dental.2009.01.096.
28. PEREIRA CB, MAGALHÃES CS, LAGES FS, FERREIRA RC, DA SILVA EH, DA SILVEIRA RR, CORRÊA EC, FANTINI CL, MOREIRA AN. **Degree of conversion and microhardness of resin cements photoactivated through glass ceramic.** Journal of Clinical and Experimental Dentistry. 2021; 13(11): e1068-e1075. DOI: 10.4317/jced.58630.
29. PUPPIN-RONTANI RM, DINELLI RG, DE PAULA B, FUCIO SB, AMBROSANO GM, PASCON FM. **In-depth polymerization of a self-adhesive dual-cured resin cement.** Operative Dentistry. 2012; 37(2):188-94. DOI: 10.2341/10-288-L.
30. R CORE TEAM. 2014. **R: A language and environment for statistical computing.** R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.
31. REIS A. **Materiais Dentários Diretos - Dos Fundamentos à Aplicação Clínica. 2ª edição.** Grupo GEN, 2021 Disponível em: < <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788527737470/>> Acesso em 22 mar 2023.
32. RIZZANTE FAP, LOCATELLI PM, PORTO TS, BORGES AFS, MONDELLI RFL, ISHIKIRIAMA, SK. **Physico-mechanical properties of resin cement light cured through different ceramic spacers.** Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials. 2018; 85: 170–174. DOI: 10.1016/j.jmbbm.2018.06.001.
33. SANTOS BC, DANTAS LF, SILVA SC, LIMA LHA, AGRA DM, FERNANDES DC. **Odontologia estética e qualidade de vida: revisão integrativa.** Cadernos de Graduação: Ciências Biológicas e da Saúde. 2016; 3(3): 91-100.
34. SAS INSTITUTE INC. **The SAS System, release 9.2.** Cary: NC, SAS Institute Inc., 2011.
35. SCHNEIDER LF, MORAES RR, CAVALCANTE LM, SINHORETI MA, CORRER-SOBRINHO L, CONSANI S. **Cross-link density evaluation through softening tests: effect of ethanol concentration.** Dental Materials. 2008; 24(2): 199-203. DOI: 10.1016/j.dental.2007.03.010.
36. SHEN C, RAWLS HR, ESQUIVEL-UPSHAW JF. **Phillips materiais dentários. 13ª ed.** Grupo GEN, 2023. Disponível em: < <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/books/9788595159617/>> Acesso em 23 mar 2023.
37. SOLON-DE-MELLO M, FIDALGO TKS, LETIERI AS, MASTERSON D, GRANJEIRO JM, MONTE ALTO RV, MAIA LC. Longevity of indirect restorations cemented with self-adhesive resin luting with and without selective enamel etching. A Systematic review and meta-analysis. J Esthet Restor Dent. 2019; 31(4):327–337.
38. VIEIRA JMCS, FIGUEIREDO JLG, RIBEIRO BCI, SOUZA CC. **Avaliação das microdurezas de três cimentos resinosos fotopolimerizados por LED com a interposição de três barreiras de diferentes espessuras.** ClipseOdonto. 2016; 8(2):10-8.
39. YAN YL, KIM YK, KIM KH, KWON TY. **Changes in degree of conversion and microhardness of dental resin cements.** Operative Dentistry. 2010; 35(2): 203-10. DOI: 10.2341/09-174-L.