

COMPARAÇÃO DA RESISTÊNCIA ABRASIVA DE RESINAS COMPOSTAS QUANDO FOTOPOLIMERIZADAS A DIFERENTES TEMPOS COM APARELHOS DE LÂMPADA INCANDESCENTE E DE LED

Carlos Eduardo Dorigatti Cruz¹, **Lúcio Roberto da Silva Santana**² **Eduardo Carlos Bianchi**³, **Michele Paoline de Marins Ulhoa**⁴

Universidade Estadual Paulista - Câmpus de Bauru - Departamento de Engenharia Mecânica
Av. Luiz Edmundo Carrijo Coube, s/nº, CEP 17033-360, Bauru - SP, Brasil, Tel.: (14) 3103-6119

¹ Graduando em Engenharia Mecânica. E-mail: cedc@feb.unesp.br

² Graduando em Engenharia Mecânica. E-mail: salmone@feb.unesp.br

³ Prof. Livre Docente do Departamento de Eng. Mecânica. E-mail: bianchi@feb.unesp.br;

⁴ Mestranda em Ciência e Tecnologia de Materiais. E-mail: michelepaoline@yahoo.com.br

Rodrigo Eduardo Catai⁵

Universidade Estadual Paulista – Guaratinguetá, SP, Brasil, Depto. de Materiais e Tecnologia

⁵ Doutorando em Engenharia Mecânica. E-mail: rcatai@zipmail.com.br

César Antunes de Freitas⁶

Universidade de São Paulo - USP - Campus de Bauru, SP, Brasil

⁶ Prof. Dr. do Depto de Materiais Dentários. E-mail: cfreitas@fob.usp.br

Paulo Roberto de Aguiar⁷, **Manoel Henrique Salgado**⁸

Universidade Estadual Paulista - Unesp - Câmpus de Bauru, Bauru, SP

⁷ Prof. Livre Docente do Departamento de Engenharia Elétrica. E-mail: aguiarpr@feb.unesp.br;

⁸ Prof. Dr. do Departamento de Engenharia de Produção. E-mail: henri@feb.unesp.br

Resumo. *Este trabalho teve por objetivo comparar o efeito fotopolimerizador de dois aparelhos que utilizam fontes diferentes de irradiação luminosa, um com lâmpada halógena e outro com LED (Diodo Emissor de Luz), para desencadear as reações de endurecimento nas resinas compostas, materiais de uso odontológico. A importância destes materiais está na sua grande utilização em clínicas e consultórios dentários, em restaurações estéticas e funcionais dos dentes. Para os ensaios, foram confeccionados corpos de prova, usando três tempos polimerização e quatro marcas de resina. O método proposto consiste no estudo da agressividade (capacidade de um material em desgastar o outro), no qual menores valores de agressividade indicam maior resistência ao desgaste abrasivo. Os dados são coletados a partir de um banco de ensaios, onde um disco dinâmico revestido com porcelana desgasta um disco estático envolto com resina. A análise dos dados revelou diferenças estatisticamente significativas quanto à utilização dos aparelhos. O aparelho de lâmpada halógena apresentou os melhores resultados para todos materiais e tempos, exceto para a resina Durafill, na qual o tempo de 40s apresentou melhores resultados quando polimerizada pelo aparelho de LED.*

Palavras-chave: *Resinas compostas, Agressividade, Desgaste abrasivo, Aparelhos de fotopolimerização.*

1. INTRODUÇÃO

Na busca por melhores condições de vida, o homem desenvolve, cada vez mais, materiais capazes de reparar imperfeições naturais ou acidentais. As resinas compostas foram desenvolvidas com o objetivo de corrigir falhas no esmalte dentário, e escolhidas entre os vários materiais existentes para este fim, por apresentarem menor desgaste, maior facilidade de manuseio, e por possuírem uma grande

gama de cores, possibilitando-se alcançar a semelhança com a coloração dos dentes humanos, tornando-se praticamente imperceptível após sua aplicação. O ideal seria que as resinas apresentassem resistência ao desgaste tão alta quanto o esmalte dentário, o que não ocorre. Com os esforços gerados na mastigação e escovações dos dentes ocorre perda excessiva de material que conduz a uma substituição prematura da restauração.

As resinas são materiais de composição química complexa, e muito diferentes entre si. Desta maneira tais compostos podem agir de maneira bastante peculiar às reações físico-químicas a estas aplicadas. Denomina-se de fotopolimerização a reação de endurecimento dos compósitos iniciada através da energia luminosa dos aparelhos de cura. Estes aparelhos podem apresentar fontes luminosas variadas sendo que as mais usadas são a lâmpada incandescente de luz halógena *QTH* (*Quartz Tungsten Halogenic*) e o *LED* (Diodo Emissor de Luz). O aparelho de *LED* surgiu recentemente como opção para este mercado. As suas principais vantagens são não aquecer com o uso prolongado e apresentar 'vida infinita', ou seja, não perder sua capacidade de irradiação luminosa com o uso, como ocorre com a lâmpada halógena. No entanto, este tipo de aparelho tem uma intensidade luminosa abaixo da recomendada por Abate ⁽¹⁾ e Musanje & Darvell ⁽²⁾, sendo bastante questionada sua eficiência na polimerização. Alguns autores em seus trabalhos analisaram a eficiência dos aparelhos de *LED* e lâmpada halógena pela medição da micro-dureza das amostras ^{(3), (4), (5), (6)}.

Além da intensidade de irradiação luminosa e aparelho fotopolimerizador, muitos outros parâmetros, podem influenciar no processo de cura das resinas. A polimerização uniforme do material ocorre apenas em pequenas camadas e recomendasse para restaurações profundas a aplicação da resina em etapas. Outro fator de destaque como variável do processo, está relacionado à distância da ponta do aparelho até a camada polimerizada ^{(7), (8)}. Segundo Abate ⁽¹⁾, amostras com distâncias de foto-ativação, inferiores a 3 mm, apresentam durezas superiores as demais distâncias.

As cores das resinas também entram como variáveis de sua dureza pós-polimerizada. Além disso, ainda se pode citar os tempos de pós-polimerização (tempo transcorrido a partir da cura da resina até o início de sua solicitação), que de acordo com Menezes & Muench ⁽¹⁰⁾, podem influenciar na resistência mecânica das resinas, devido à variação no número de radicais livres das amostras.

Dois grandes linhas de estudo analisam as resinas compostas, sendo: o método clínico ou *in vivo* e a análise laboratorial ou *in vitro*. A primeira consiste no acompanhamento de restaurações feitas em pacientes de clínicas e após um certo período de tempo (de 2 a 6 anos) a análise e medição do desgaste ^{(11), (12)}. O método *in vitro* trata-se da simulação do desgaste através de mecanismos abrasivos ou medições de dureza ^{(13), (14), (15)}. Ressalta-se que o objetivo deste trabalho é fornecer dados comparativos entre dois aparelhos fotopolimerizadores, que usam na fotoativação das resinas uma lâmpada halógena e um *LED* (Diodo Emissor de Luz) para cura das resinas.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os corpos de prova foram discos de aço revestidos com resina (Charisma, Durafill, Suprafill e Tetric Ceram). Os aparelhos fotopolimerizadores, usados na confecção das amostras, foram o CL-K50 de lâmpada halógena, e o Biolux Standart II com diodo emissor de luz, e tempos de cura de 10, 20 e 40s. Os discos de resina e a porcelana (agressor) foram retificados a fim de que apresentassem diâmetros exatamente iguais. O método utiliza-se de um banco de ensaios acoplado a um cabeçote de testes que possui um eixo para fixação de um disco agressor (porcelana) o qual gira quando o ensaio se inicia. Sobre este disco está posicionado o disco de resina, figura 1 (b), convenientemente preso no banco de ensaios, mostrado na figura 1 (a).

Com um medidor eletrônico de deslocamento (Tesatronic – TT60) e um programa elaborado para este fim, fez-se a medição e armazenamento dos dados de deslocamento da haste vertical do banco de ensaios a medida que ocorria o desgaste da resina. Cinco ensaios foram realizados para cada resina nos diferentes tempos de polimerização.

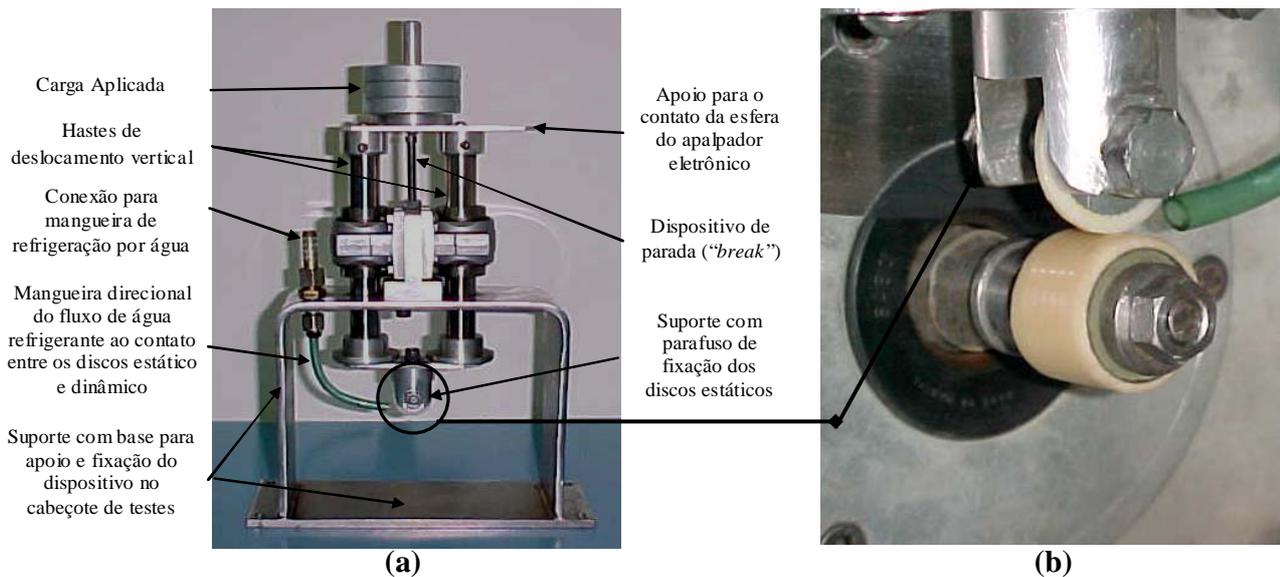


Figura 1 - (a) banco de ensaios; (b) posicionamento dos discos para início dos ensaios;

3. RESULTADOS OBTIDOS NOS ENSAIOS E DISCUSSÃO

Com os dados obtidos nos ensaios, construiu-se um gráfico do deslocamento do dispositivo em função do tempo de ensaio, conforme apresentado na figura 2. Nesta figura, avaliou-se apenas o trecho da curva onde há o desgaste da resina ensaiada.

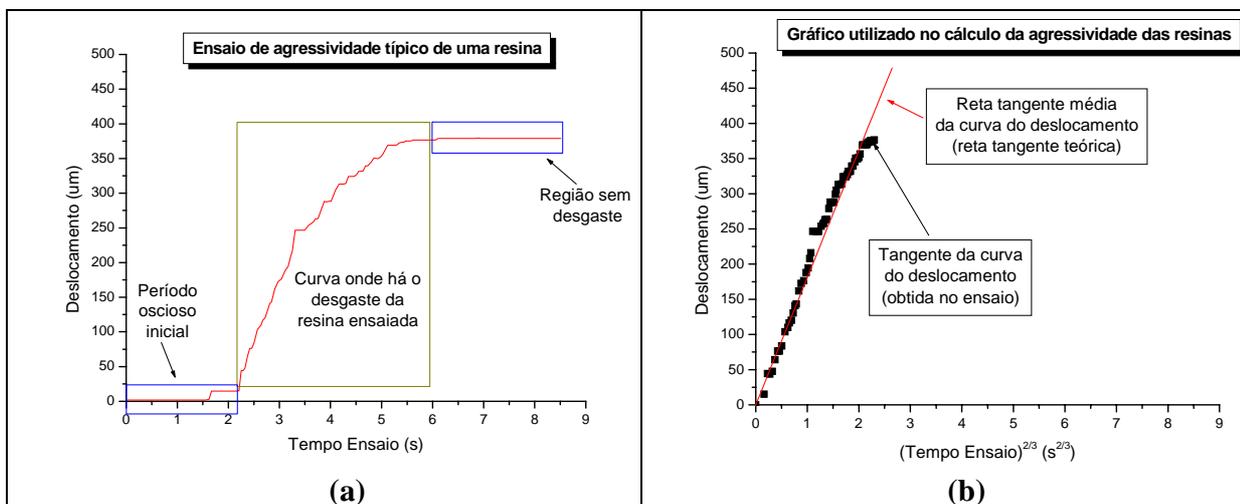


Figura 2 - (a) Deslocamento do dispositivo em função do tempo; (b) Gráfico obtido em ensaio após feitas as considerações e ajustes.

Ao elevar-se o tempo de ensaio a 2/3 obtém-se um novo gráfico, figura 2(b), no qual é obtida a tangente da curva de deslocamento. O coeficiente linear desta reta 'a1' é a variável buscada nos ensaios. Aceitou-se para análise apenas linearizações com coeficientes de correlação maiores que 98%. Os outros parâmetros utilizados no ensaio são: largura do disco estático ($b = 0,0015 \text{ m}$), raio do disco estático para o respectivo ensaio (r) e força normal aplicada ($F_n = 16 \text{ N}$), tem-se a agressividade (k) da resina em questão.

$$k = \frac{2b\sqrt{4r}}{3F_n} (a_1)^{3/2} \quad (1)$$

A agressividade é inversamente proporcional à resistência ao desgaste abrasivo. Então, a resina com maior agressividade é a que sofreu maior desgaste. Com os valores de agressividade, construiu-se a figura 3 para facilitar a análise dos resultados obtidos nos ensaios. São mostrados os valores de agressividade média obtidos a partir dos cinco ensaios, para cada tempo de cada resina ensaiada.

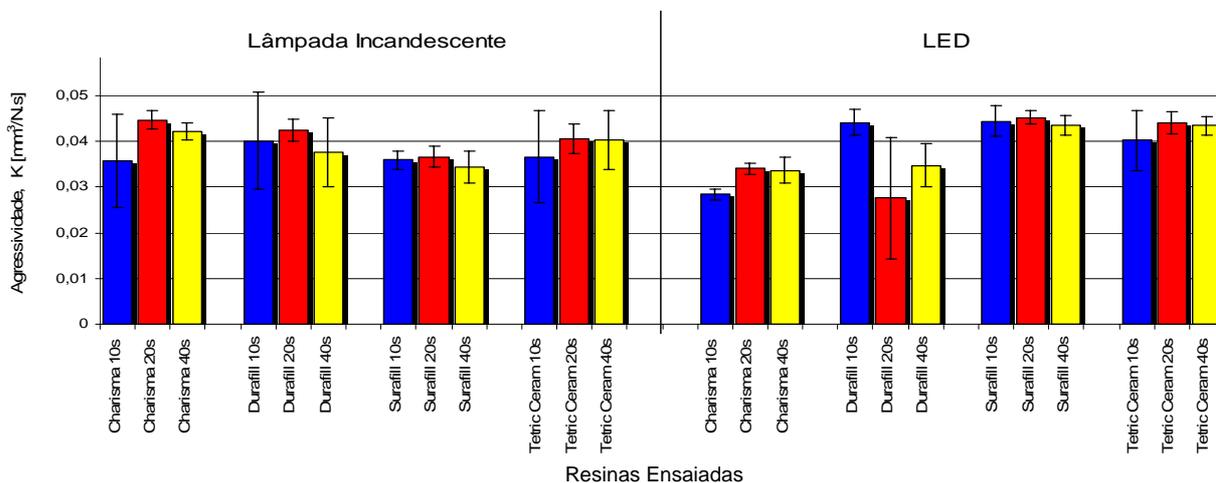


Figura 3 - Agressividade média e desvio-padrão das resinas fotopolimerizadas

Aos valores obtidos nos ensaios foram realizados os testes de ANOVA fator duplo seguido, quando necessário, do Teste de Tukey, com nível de significância de 5% ⁽¹⁵⁾.

As resinas polimerizadas com lâmpada halógena ou incandescente apresentaram comportamento variado, quanto a sua resistência ao desgaste, com os diferentes tempos de cura, sendo que, apenas a resina Charisma sempre se manteve com o pior comportamento, ou seja, para todos os tempos foi a que apresentou maior desgaste. Cada tempo apresentou uma resina diferente como mais resistente ao desgaste, no entanto, esta análise foi feita baseando-se apenas no comportamento das médias, pois para a significância de 5 %, nenhuma diferença estatística relevante foi observada no que se refere ao tempo de polimerização e material utilizado.

No aparelho de LED a classificação das resinas mais resistentes ao desgaste foi diferente para cada tempo de polimerização e o melhor tempo variou de acordo com a resina. Apenas para a Durafill obteve-se diferença significativa entre tempos distintos de polimerização. O tempo de 40s conferiu maior resistência que o tempo de 10s. Para o tempo de 10s, a Charisma foi a melhor. Com 20s, não se obteve diferença significativa entre as resinas. Com 40s, a Durafill foi a mais resistente e a Charisma a menos resistente.

Na comparação entre aparelhos, o de lâmpada halógena apresentou melhor fotopolimerização para a maioria das resinas. Para as resinas Suprafill e Charisma, independente do tempo, em média os valores de agressividade do aparelho de lâmpada incandescente são significativamente ($p=0,043$ para a Suprafill e $p=0,0002$ para a Charisma) inferiores, o que significa que este tipo de aparelho proporciona maior resistência ao desgaste abrasivo que o aparelho de LED. Embora não tenha sido constatada diferença estatística significantes, essa mesma ordem se manteve para a resina Tetric Ceram, isto é, em média os valores de agressividade do LED foram superiores ao da lâmpada incandescente. Para a resina Durafill, a interação foi significativa ($p=0,037$), sendo que no tempo 10s, a lâmpada incandescente foi melhor, entretanto no tempo 40s o LED ofereceu melhor propriedade de resistência ao desgaste abrasivo à resina.

4. CONCLUSÕES

Neste trabalho pode-se observar o comportamento das resinas Charisma, Durafill, Surafill e Tetric Ceram quando polimerizadas a tempos de 10s, 20s e 40s com os diferentes aparelhos, o de lâmpada incandescente e um baseado em *LED*.

As resinas polimerizadas com ambos aparelhos apresentaram comportamento variado, quanto a sua resistência ao desgaste, com os diferentes tempos de cura. A classificação das resinas mais resistentes ao desgaste não se manteve para todos os tempos de fotopolimerização e o melhor tempo variou de acordo com a resina.

O melhor tipo de aparelho de fotopolimerização para a maioria das resinas foi o aparelho de lâmpada incandescente sendo que apenas para a resina Durafill, polimerizada por 40s, o *LED* apresentou melhores resultados, mostrando desta forma, que a melhor alternativa, comparando esses dois tipos de aparelho, é realmente a utilização do aparelho de fotopolimerização convencional baseado em lâmpada incandescente.

5. AGRADECIMENTOS

À FAPESP (Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo) pelo apoio concedido.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. ABATE, P. F., ZAHRA, V. N., MACCHI, R. L. Effect of photopolymerization variables on composite hardness. *Journal of Prosthetic Dentistry*, Vol. 86, Issue 6, p. 632-635, 2001.
2. MUSANJE, L., DARVELL, B. W. Polymerization of resin composite restorative materials: exposure reciprocity; *Dental Materials*. Volume 19, Issue 6, p. 531-541, 2003
3. BURGESS, J. O., WALKER, R. S., PORCHE, C. J., RAPPOLD, A. J. Light curing - an update. *Compendium of continuing education in dentistry*, Volume 23, Issue 10, p. 889-892, October, 2002.
4. HOFMANN, N., HUGO, B., KLAIBER, B. Effect of irradiation type (LED or QTH) on photo-activated composite shrinkage strain kinetics, temperature rise, and hardness. *European journal of oral sciences*. Volume 110, Issue 6, p. 471-479, December, 2002.
5. PRICE, R. B. T., EHRNFORD, L., ANDREOU, P., FELIX, C. A. Comparison of Quartz-Tungsten-Halogen, Light-emitting Diode, and Plasma Arc Curing Lights. *Journal of Adhesive Dentistry*, Volume 5, Issue 3, p. 193-207, 2003.
6. BESNAULT, C., PRADELLE-PLASSE, N., PICARD, B., COLON, P. Effect of a LED versus halogen light cure polymerization on the curing characteristics of three composite resins. *American journal of dentistry*. Volume 16, p. 323-328, Issue 5, 2003.
7. HALVORSON, R. H., ERICKSON, R. L., DAVIDSON, C. L. Energy dependent polymerization of resin-based composite. *Dental Materials*, Vol. 18, Issue 6, p. 463-469, September, 2002.
8. CONSANI, S., LÉON, B., DEL BEL CURY, A. Influence of number and position of flasks in the monomer release, knoop hardness and porosity of a microwave-cured acrylic resin; *Journal of Oral Rehabilitation*, Volume 30, 2003, Issue 11.
9. MENEZES, M. A., MUENCH, A. Dureza knoop de resinas compostas em função do número relativo de radicais livres. *Rev. Odontologica Univ. São Paulo*, vol.12, no.3, p.281-285, 1998.
10. COLLINS, C. J., BRYANT, R. W., HODGE, L. V. A clinical evaluation of posterior composite resin restorations: 8-year finding, Hospital Dental Clinical Scholl, Westmead, Austrália. 1997.
11. LEINFELDER, K. F.; BARKMEIER, W. W.; GOLDBERG, A. J. Quantitative wear measurements of posterior composite resins. *Journal of Dental Research*, v. 62, p. 194, 1983.

12. BIANCHI, E. C.; SILVA E. J.; XAVIER, A. P.; FREITAS, C. A.; FREITAS, C. A.; BIANCHI A. R. R. Proposta para o desenvolvimento de um padrão para a avaliação do desgaste abrasivo de resinas compostas. Congresso Nacional de Engenharia Mecânica (CONEM2000), 2000.
13. HIRANO, S.; MAY, K. B.; WAGNER W. C.; HACKER, C. H. In vitro wear of resin denture teeth. The journal of prosthetic dentistry, Vol. 79, Number 2, p. 152-155, fev. 1998.
14. BARKMEIER, W. W.; WILWERDING, T. M.; LATTA, M. A.; BLAKE, S. M. In vitro Wear Assessment of High Density Composite Resins. Journal of Dental Research, 77th General Session of the IADR, Vol. 78, p. 78, March 1999.
15. MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros; Rio de Janeiro; Segunda Edição; LTC Editora; 2003.

COMPARATION OF THE ABRASIVE RESISTANCE OF COMPOSED RESIN WHEN CUREDS WITH DIFFERENT TIMES USING QUARTZ TUNGSTEN HALOGENIC AND LED DEVICES

Carlos Eduardo Dorigatti Cruz ¹, Lúcio Roberto da Silva Santana ² Eduardo Carlos Bianchi ³, Michele Paoline de Marins Ulhoa ⁴

Universidade Estadual Paulista - Câmpus de Bauru - Departamento de Engenharia Mecânica
Av. Luiz Edmundo Carrijo Coube, s/nº, CEP 17033-360, Bauru - SP, Brasil, Tel.: (14) 3103-6119

¹ Graduando em Engenharia Mecânica. E-mail: cedc@feb.unesp.br

² Graduando em Engenharia Mecânica. E-mail: salmone@feb.unesp.br

³ Prof. Livre Docente do Departamento de Eng. Mecânica. E-mail: bianchi@feb.unesp.br;

⁴ Mestranda em Ciência e Tecnologia de Materiais. E-mail: michelepaoline@yahoo.com.br

Rodrigo Eduardo Catai ⁵

Universidade Estadual Paulista – Guaratinguetá, SP, Brasil, Depto. de Materiais e Tecnologia

⁵ Doutorando em Engenharia Mecânica. E-mail: rcatai@zipmail.com.br

César Antunes de Freitas ⁶

Universidade de São Paulo - USP - Campus de Bauru, SP, Brasil

⁶ Prof. Dr. do Depto de Materiais Dentários. E-mail: cfreitas@fob.usp.br

Paulo Roberto de Aguiar ⁷, Manoel Henrique Salgado ⁸

Universidade Estadual Paulista - Unesp - Câmpus de Bauru, Bauru, SP

⁷ Prof. Livre Docente do Departamento de Engenharia Elétrica. E-mail: aguiarpr@feb.unesp.br;

⁸ Prof. Dr. do Departamento de Engenharia de Produção. E-mail: henri@feb.unesp.br

***Abstract.** The objective of this work was to compare two cure devices that use different light sources, one with halogenic light and another one with LED (Light Emitting Diode), to start reactions of hardening in dental composed resins. The importance of these materials is its great use in dental clinics, for aesthetic and functional restorations of teeth. Workpieces were confectioned using three times polymerization and four resin marks. The considered method consists of the study of the aggressiveness (capacity of a material in wearing the other), in the which lesser values of aggressiveness indicates greater resistance to the abrasive wear. The data are collected from a bank of assays, where a dynamic dick coated with porcelain wears a static disc coated with resin. The analysis of the data showed statistical significant differences between the cure devices. The halogenic light device presented the best ones resulted for all materials and times, except for the Durafill resin, in which the time of 40s presented better resulted when polymerized for the LED based device.*

Key-words: Composed resins, Aggressiveness, Abrasive wear, Cure devices.