

Trabajos Originales:

**ESTUDIO COMPARATIVO DE LA MICRODUREZA DE COMPOSITES EN RELACIÓN A LA FUENTE DE LUZ, PROFUNDIDAD DE POLIMERIZACIÓN Y TIEMPO**

**Recibido para arbitraje: 27/06/2009**

**Aceptado para publicación: 11/02/2010**

- **Flaviane Renó Gonzaga Silva.** Doctoranda del Departamento de Materiales Dentales y Prótesis, Facultad de Odontología, Universidad de San Pablo, Ribeirão Preto, San Pablo, Brasil.
- **Keico Graciela Sano Trauth.** Masteranda del Departamento de Materiales Dentales y Prótesis, Facultad de Odontología, Universidad de San Pablo, Ribeirão Preto, San Pablo, Brasil.
- **Valéria Oliveira.** Profesora Doctora del Departamento de Materiales Dentales y Prótesis, Facultad de Odontología, Universidad de San Pablo, Ribeirão Preto, San Pablo, Brasil
- **Alma Blásida Concepción Elizaur Benitez Catirse.** Profesora Doctora Asistente del Departamento de Materiales Dentales y Prótesis, Facultad de Odontología, Universidad de San Pablo, Ribeirão Preto, San Pablo, Brasil.

Autor correspondiente: Flaviane R. G. Silva. Facultad de Odontología de Ribeirão Preto-USP, Av. do café s/n, Monte Alegre, Ribeirão Preto, SP, Brasil. Telf: 16-36024044, fax: 16-36336933. Correo electrónico: [flaviane@forp.usp.br](mailto:flaviane@forp.usp.br)

**RESUMEN**

Evaluar la microdureza de las resinas Charisma (microhíbrida) y Z100 (híbrida) en relación a la profundidad de polimerización (8, 6, 4, 2 mm e 0 mm-superficial), la fuente de luz (Diodo emisión de luz-LED y Luz halógena de cuarzo-tungsteno-QTH) y los tiempos de análisis (inmediato, 24 h y 1 mes). Fueron testadas resinas Charisma (Kulzer) y Z100 (3M/ESPE). Para la realización del ensayo de microdureza fueron confeccionados 07 cuerpos de prueba de 8x2x4mm en matriz de carbono, con incrementos de 1mm cada y fotopolimerizados con los aparatos Optilux (Dabi Atlante) y LED (MMOptic). Los cuerpos de prueba fueron sometidos a los ensayos de dureza Vickers; inmediato, 24 horas y 1 mes después de la confección, almacenados en agua destilada y estufa a 37 1°C. El análisis de microdureza fue realizada por medio del microdurómetro Shimadzu HVM-2000, con 5s de indentación y 500g de peso. La dureza fue evaluada en diferentes profundidades (superficie externa, 2, 4, 6 y 8 mm). Los resultados fueron estadísticamente significantes (p=5%) para todas las condiciones experimentales. Ambas resinas tuvieron la microdureza disminuida conforme el aumento de la profundidad y presentaron valores mayores con el aparato de luz halógena que con el aparato de diodo. La resina Z100 presento mayores valores de microdureza en relación a la resina Charisma. De acuerdo con los resultados, se puede concluir que cuanto mayor la profundidad menor la dureza y el aparato QTH proporcionó mayor grado de polimerización.

**Palabras-clave:** Resina compuesta, microdureza, profundidad de curado, polimerización.

**ABSTRACT**

To evaluate the microhardness of the resins Charisma (microhybrid) and Z100 (hybrid) in respect to the depth of polymerization (8, 6, 4, 2 mm and 0 mm-superficial), the source of light (Emitting Diode of light-LED and halogenous quartz-tungsten-QTH Light) and the analysis times (immediate, 24 h and 1 month). Resins Charisma (Kulzer) and Z100 were tested (3M/ESPE). For the accomplishment of the microhardness essay 07 were confectioned body-of-test of 8x2x4mm in carbon matrix, with increments of 1mm each and photopolymerised with Optilux devices (Dabi Atlante) and LED (MMOptic). The body-of-test was submitted to the essays of Vickers hardness; immediate, 24 hours and 1 month after the

confection, stored in distilled water and heat  $37\pm 1^{\circ}\text{C}$ . The microhardness analysis was accomplished by means of the microdurometer Shimadzu HMV-2000, with 5s and 500g of load. The hardness was evaluated in different depths (external surface, 2, 4, 6 and 8 mm). The results were statistically significant ( $p=5\%$ ) for all the experimental conditions. Both resins had had the microhardness diminished as the increase of the depth and had presented bigger values with the device of halogenous light that with the diode device. The Z100 resin presented greater values of microhardness in respect to the Charisma resin. In accordance with the results, it can be concluded that how much bigger the depth lesser the hardness and device QTH provided to greater polymerization degree.

**Keyword:** Composite resin, microhardness, depth of cure, polymerization.

## INTRODUCCIÓN

La resina compuesta, como material restaurador fue desarrollada por medio de estudios al final de la década del 50 e inicio de la década del 60, siendo reforzadas las resinas epóxicas con partículas de carga hasta el desarrollo de un monómero de Bisfenol-glicidil-metacrilato (Bis-GMA) que es utilizado para la elaboración de la matriz de las resinas compuestas (1).

El grado de polimerización altera significativamente la microdureza de la resina compuesta, y este grado de polimerización depende del tipo de aparato que está siendo utilizado, de la intensidad de luz emitida por el aparato, de la longitud de onda, del tiempo de exposición a la fuente de luz, y del tiempo, del color y de la espesura de las resinas compuestas bien como han sido descrito en la literatura (2-4).

La fuente de luz halógena de cuarzo-tungsteno (QTH) ha sido ampliamente utilizada para curado de los materiales fotosensibles. La polimerización de las resinas compuestas depende de muchos factores: intensidad de la luz (5), tiempo de radiación (6) y distribución (7). La unidad convencional QTH utiliza intensidad de luz menor que  $400\text{mW}/\text{cm}^2$  (8) y la distribución espectral depende de la marca de la unidad de luz. Autores concuerdan que el tiempo de radiación de 40 segundos para polimerización de las resinas compuestas puede ser suficiente (9,10).

Desde 1995 (11), el uso del diodo emisor de luz (LED) fue sugerido como método alternativo de polimerización. Los tipos de LED fueron descritos para el curado de materiales a base de resina compuesta propiciando propiedades semejantes a las obtenidas con la luz halógena de cuarzo-tungsteno (QTH). Pero también fueron referidas bajas durezas o menor grado de conversión en la polimerización de la resina compuesta usando algunos tipos de LED (9,12). Según algunos autores (9) los aparatos que utilizan el diodo emisor de luz (LEDs), emiten luz visible azul en una longitud de onda de alrededor de 470 nm, con una variación de más o menos 20 nm, siendo de esta forma más eficiente en la fotoactivación de las resinas compuestas, presentando como principal ventaja la no inducción de alteración térmica en las estructuras dentales y en la resina compuesta (12), además de la mayor selectividad de la luz, mayor tiempo de vida útil y menor consumo de energía (13).

Problemas inherentes a los materiales restauradores usados, en conjunto con técnicas de condicionamiento ácido y métodos de polimerización han ocurrido con los cirujanos dentistas en las restauraciones, principalmente en regiones posteriores en donde la fuerza de oclusión es elevada (14). El presente trabajo tiene como objetivo evaluar "in vitro" la microdureza de resinas compuestas, en función al tiempo de lectura y de la profundidad de polimerización, utilizando diferentes fuentes de luz.

## MATERIAL Y MÉTODO

Las resinas utilizadas para el ensayo de microdureza Vickers fueron: Charisma (Heraeus Kulzer, Dormagen, Germany) y Z100 (3M-ESPE, St. Paul MN, USA) en función al tiempo de lectura (inmediato, 24h y 1 mes) y de la profundidad de polimerización (superficie externa, 2, 4, 6 y 8 mm) utilizando 2 fuentes de polimerización: luz halógena de cuarzo-tungsteno-halogénio (Ultralume, Dabi Atlante, Ribeirão

Preto-SP, Brasil) (QTH) y diodo emisor de luz (MMOptic, San Carlos-SP, Brasil) (LED).

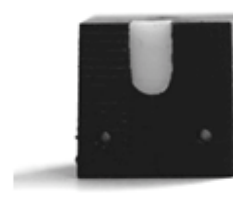
Para el ensayo de microdureza fueron confeccionados cuerpos de prueba en matriz de carbono compuesta por una primera parte: base plana con una cavidad rectangular de base arredondeada graduada en milímetros, midiendo 8mm de altura por 4mm de ancho por 2 mm de profundidad (Figura 1); y una segunda parte con base plana de vidrio adaptada (Figura 2) (superficie lisa) y sobre este fue colocado una cinta negra/opaca para que no hubiere pasaje de luz en esa dirección. Los composites fueron introducidos y condensados en capas incrementales de cada 2,0 mm (Figura 02) en la matriz y fotopolimerizados por 40s.



**Figura 1- matriz abierta**



**Figura 2- llenado de la matriz en capas incrementales de 2mm de resina con placa de vidrio adaptada**



**Figura 3- Matriz rellenada con la resina después de la polimerización**

Después de rellenada toda la cavidad de la matriz (Figura 03), esta era abierta y así los cuerpos de prueba eran sometidos a los ensayos de dureza Vickers (VHN) inmediatamente, 24h y 1 mes después de su confección, siendo en esos intervalos de tiempo, el espécimen quedaba almacenado en agua destilada y estufa a  $37^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$ .

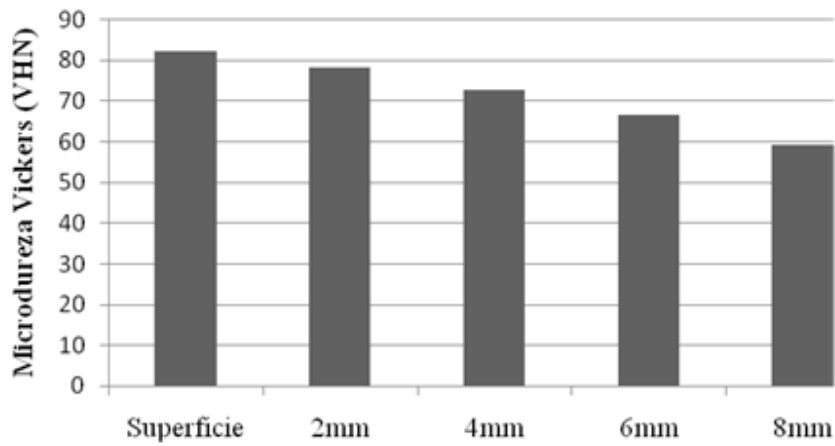
Para el análisis de la microdureza Vickers fue utilizado el microdurómetro (Shimadzu HMV-200, Tokyo, Japan) con peso de 500 g y 5 segundos de indentación. La dureza fue evaluada en las diferentes profundidades citadas anteriormente. Fueron realizadas 3 medidas de la superficie para cada camada y obtenida la media de los valores.

## RESULTADOS

Los resultados fueron sometidos a análisis estadística, debido a la distribución normal fue realizado análisis paramétrico con aplicación del análisis de variancia. Fueron empleados el ensayo ANOVA ( $p=0,01$ ) y el test Tukey ( $p=5\%$ ) para determinar las diferencias estadísticamente significantes entre los valores medios de microdureza.

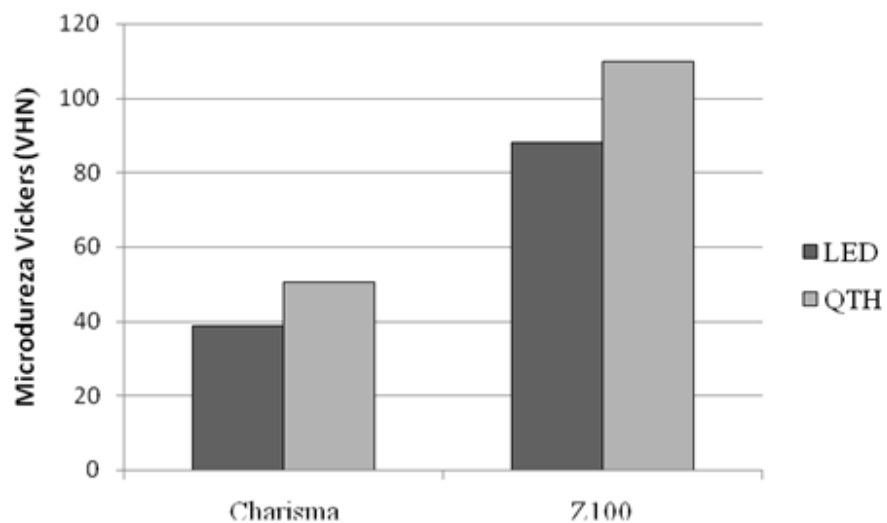
A través del análisis estadístico se verificó significancia para los factores Resina (R), Fuente de luz (F) y Profundidad (P), y para sus interacciones (RxF; PxF y PxR). Esto es, la resina Charisma (44,81) presentó menor microdureza que la resina Z100 (99,17); la luz Halógena (80,37) determinó mayor nivel de microdureza que la luz LED (63,61); con relación a la profundidad de polimerización, en la camada superficial (S1: 82,33) se observó mayor media que en las capas subsecuentes (S2: 78,36 > S3: 72,90 = S4: 66,87 > S5: 59,48) conforme al Gráfico 1.

**Gráfico 1-  
Microdureza Vickers para el Factor Profundidad (Tukey: 3,76)**



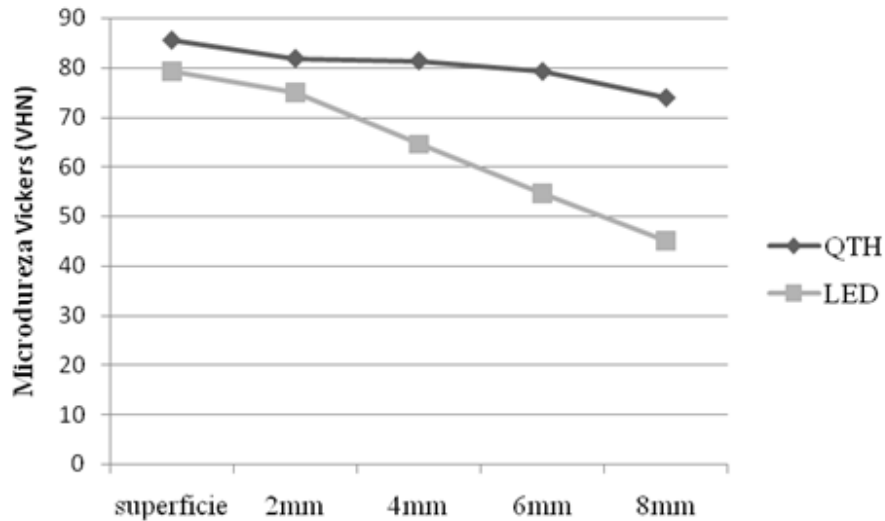
En la Gráfico 2 para la interacción Resina x Fuente puede ser visualizado el efecto de la luz halógena en la microdureza de las dos resinas, o sea, ella determina mayores medias que la luz LED, siendo que la Z100 presento mayores valores que la Charisma.

**Gráfico 2-  
Comportamiento de las resinas en función de las Fuentes de luz utilizadas**



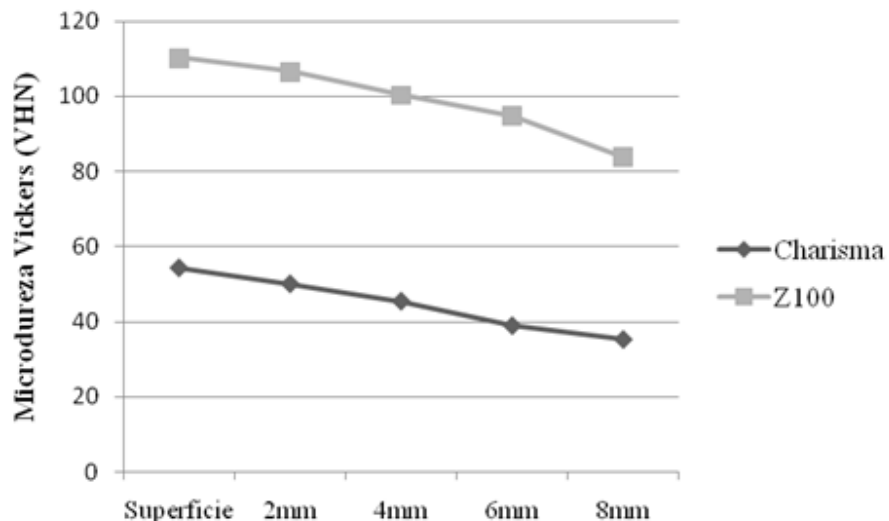
Se constato también que para la interacción Profundidad x Fuente, en todas las profundidades la luz Halógena determino mayor dureza que la luz LED (Gráfico 3).

**Gráfico 3-**  
**Comportamiento de las resinas en función de la Profundidad y Fuente de luz**



Analizando la interacción Profundidad x Resina en todas las profundidades, la resina Z100 determino mayor microdureza que la Charisma (Gráfico 4).

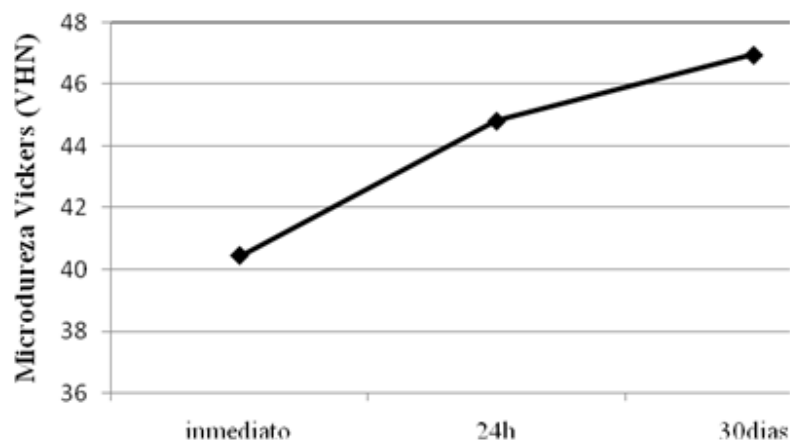
**Gráfico 4**  
**Comportamiento de las resinas en función de las Profundidades**



En el análisis estadístico, realizado para la resina Charisma, se verificó significancia para los factores Profundidad (P), Fuente de luz (F) y Tiempo (T), y sus interacciones (Px F; Tx F). Luego, en las profundidades superficie externa (52,42), 2mm (48,43) y 4mm (44,49) los valores de microdureza fueron estadísticamente iguales entre si y mayores 6mm (39,37) y 8mm (35,65) que a su vez fueron

estadísticamente semejantes. La fuente de luz Halógena (49,29) produjo mayores valores de microdureza que la luz LED (38,85). En cuanto al tiempo de lectura los valores de microdureza de la lectura realizada inmediatamente después de la polimerización (40,44) fue menor que la lectura realizada a las 24h (44,81) que a su vez fue menor que aquella realizada después de 30 días (46,96) conforme muestra la Gráfico 5.

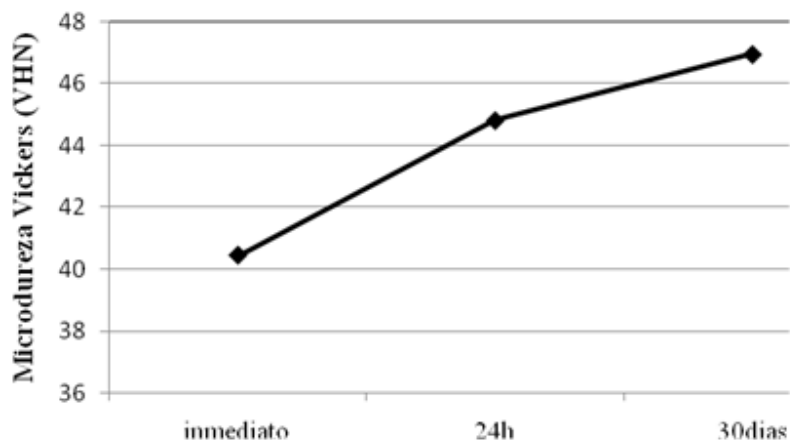
**Gráfico 5**  
**Comportamiento de la resina Charisma en función del Tiempo**



Analizando la interacción Fuente x Profundidad, en relación a la resina Charisma, se observó que para la fuente de luz Halógena, los valores de microdureza para las profundidades de 2mm (51,11), 4mm (50,03) y 6mm (47,38) fueron estadísticamente semejantes. Sin embargo, para la fuente de luz LED se observó que los valores de microdureza para las profundidad superficie externa (49,33) y 2mm (45,74) fueron semejantes entre si y mayores que 4mm (38,94) y ésta, a su vez, mayor que 6mm (31,36) la cual fue semejante a 8mm (28,89).

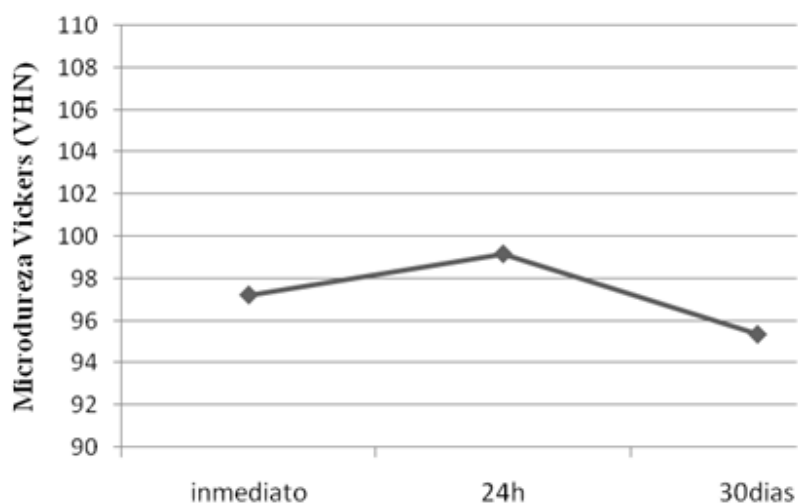
Como muestra la Gráfico 6, para la interacción Tiempo x Fuente se observó que la fuente de luz Halógena presentó mayores valores de microdureza que las fuentes de luz LED para todos los tiempos analizados.

**Gráfico 6-  
Comportamiento da resina Charisma en función  
del Tiempo x Fuente de luz**



El análisis estadístico de la resina Z100 mostró significancia para los factores Profundidad (P), Fuente de luz (F) y Tiempo (T), y la interacción TxF. Los valores de microdureza para la profundidad de 8mm (82,91) fue menor que para las demás profundidades, presentando la de superficie externa (107,33) valores de microdureza semejantes a 2mm (103,63) y la de la profundidad de 4mm (98,92) valores semejante a 6mm (93,44). La fuente de luz Halógena (106,95) produjo mayores valores de microdureza que la luz LED (87,91). Para el tiempo de lectura, los valores de microdureza de las lecturas realizadas después de 30días (95,35) fueron menores que aquellas realizadas después de 24h (99,17). Aunque ambos hayan obtenido valores semejantes al inmediato (97,22), conforme muestra la Gráfico 7.

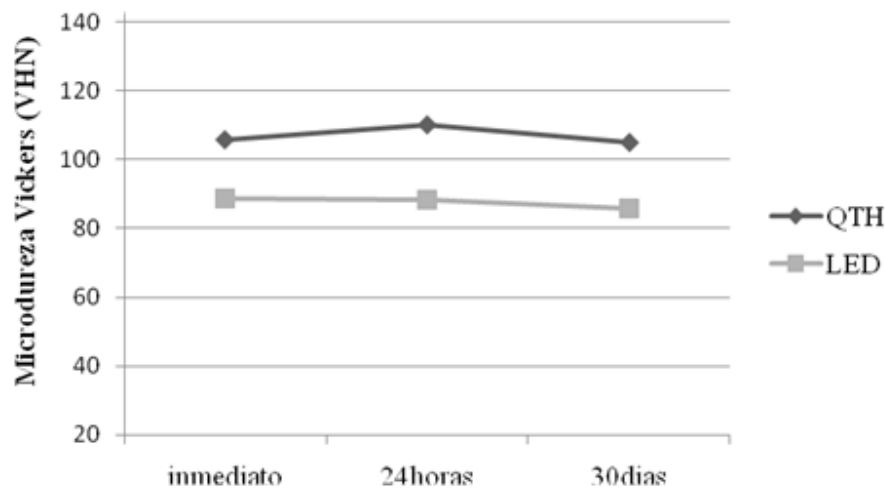
**Gráfico 7-  
Comportamiento da resina Z100 en función del Tiempo**



La interacción Tiempo x Fuente, la resina Z100 presento el mismo comportamiento que la resina

Charisma, una vez que la fuente de luz Halógena presentó mayores valores de microdureza que las fuentes de luz LED para todos los tiempos analizados (Gráfico 8).

**Gráfico 8-  
Comportamiento de la resina Z100 en función del  
Tiempo y de la Fuente de luz**



## DISCUSIÓN

Desde la introducción de las lámparas LED en el mercado, el interés por sus habilidades para curado de las resinas compuestas han aumentado, comparando su eficiencia con las lámparas halógenas (13, 15-17). La diferencia en la dureza entre las resinas utilizadas, híbrida y microhíbrida, también fue observada por otros autores (18), los cuales atribuyen tal efecto a la composición de carga inorgánica de cada resina.

En el presente trabajo fue observada una menor capacidad de curado de las lámparas LEDs en relación a las lámparas Halógenas para todos los tipos de resinas probadas. Diversos autores (9, 13, 18) relataron una baja intensidad de luz emitida por el LED como causa para tales resultados, alegando que la cantidad de fotones que atraviesa el material (resina compuesta) es siempre menor de aquella conseguida con la fuente halógena, siendo necesario un mayor tiempo de exposición a la luz LED que a la luz Halógena para conseguir la misma dureza. En trabajos anteriores (9, 15, 16) de análisis de profundidad de curado, de dureza en función de la espesura de la resina y de la resistencia a la flexión comparan las dos fuentes de luz, los resultados han señalado un mejor desempeño de la fotoactivación convencional con luz Halógena.

Sin embargo, recientes investigaciones presentaron resultados adversos en cuanto a las habilidades de curado de los LEDs cuando son comparados con las fuentes de luz halógenas, estas investigaciones sugieren un comportamiento semejante entre los nuevos aparatos LED y las fuentes Halógenas, en relación al grado de conversión y de las propiedades mecánicas (2, 10, 19, 20). Ramp *et al.* (21) constataron que para una misma densidad de energía, la fotoactivación con un nuevo fotopolimerizador LED (Elipar Freelight 2, 3M/ESPE) produjo resultados similares a la fuente Halógena (VIP, BISCO) en cuanto a la profundidad de polimerización y al desgaste de las resinas compuestas Z100 (3M/ESPE) y Esthet X (Dentsply). A pesar de la gran evolución de los sistemas fotoactivadores con el advenimiento de los LEDs, las fuentes de luz Halógenas aún tienen papel importante como fuente polimerizadora, una vez que aún han presentado resultados superiores a los presentados por los aparatos LED (13).



En cuanto a la profundidad de polimerización, el presente estudio mostro una reducción de la dureza conforme el aumento de la profundidad, todas las resinas probadas presentaron disminución en el valor con el aumento de la profundidad. Lindberg, Peutzfeldt e Dijken (3) en su trabajo mostró que para las profundidades de 0, 3 e 6 mm la dureza fueron estadísticamente diferentes entre sí, siendo que las medidas de dureza entre 0.5, 1, 1.5 e 2 mm fueron semejantes; en ambos trabajos fue constatado que cuanto mayores la profundidad de polimerización menor es la dureza. En trabajos anteriores (3, 13, 19) también se observaron que a medida que se aumenta la profundidad, disminuye la dureza del material.

Con relación al tiempo de lectura, el presente trabajo sugiere que la reacción de polimerización continua ocurriendo hasta 24h después de la fotoactivación, una vez que los valores de microdureza fueron mayores en las lecturas realizadas después de 24h que aquellas realizadas inmediatamente después de la polimerización. Cavalcante et al. (22) confirmaron por medio de lecturas de microdureza realizadas en diferentes tiempos (1h, 24h, 7 días y 14 días) que la reacción de polimerización tiende a estabilizarse, presentando diferencias significativas entre las primeras lecturas y disminuyendo esta diferencia en las lecturas siguientes; la mayoría de los trabajos con resinas compuestas fotopolimerizables realizan análisis mecánicos después de las primeras 24h (23,24).

Los diferentes análisis de polimerización de las resinas compuestas pueden ser realizados en adición a los análisis mecánicos así como al análisis de la capacidad de transformación de las duplas ligaciones de carbono en ligaciones simples (25), comparando la capacidad de conversión de la luz LED en relación a la luz Halógena. De esta forma, se hace necesario realizar otros estudios para para evaluar las propiedades físicas y mecánicas de los materiales curados con LEDs, así como otras investigaciones, comparando diferentes materiales resinosos.

## CONCLUSIÓN

Por el análisis de los resultados, se puede concluir que:

- La resina Charisma presentó menores valores de microdureza cuando comparada a la resina Z100;
- La fuente de luz Halógena demostró un grado de polimerización mayor cuando fue comparada a la fuente de luz de diodo (LED);
- Cuanto mayor la profundidad menor la dureza;
- De acuerdo con el tiempo, la dureza de las resinas aumenta después de concluida la fotoactivación, de tal forma que la microdureza se eleva después de las primeras 24 h.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bowen R.L.: Dental filing material comprising vinyl silane treated fused silica and a blinder consisting of the reaction product of bisphenol and glycidyl acrylate. U. S. patet No. 3,006,112, Nov. 1962. Washington, D. C.; U. S. Pattent Office, 1962.
2. Ogunyinka A., Palin W.M., Shortall A.C., Marquis P.M.: Photoinitiation chemistry affects light transmission and degree of conversion of curing experimental dental resin composites. Dent

- Mater. (2006); Aug: 14
3. Lindberg A., Peutzfeldt A., Dijken J.W.V.: Effect of power density of curing unit, exposure duration, and light guide distance on composite depth of cure. *Clin Oral Invest* (2005); 9: 71-6
  4. Hashimoto K., Inai N., Tagami J.: Evaluation of the intensity light units. *Am J Dent* (2006) 19: 143-6
  5. McCabe J.F., Carrick T.E.: Output from visible-light activation units and depth of cure of light-activated composites. *J Dent Res* (1989); 68(11): 1534-9.
  6. Sakaguchi RL, Douglas WH, Peters MC. Curing light performance and polymerization of composite restorative materials. *J Dent*. 1992 Jun;20(3): 183-8.
  7. Cook W.D. Spectral distributions of dental photopolymerization sources. *J Dent Res* (1982); 61(12):1436-8.
  8. Sakaguchi R.L., Berge H.X.: Reduced light energy density decreases post-gel contraction while maintaining degree of conversion in composites. *J Dent* (1998); 26(8): 695-700.
  9. Kurachi C., Tuboy A.M., Magalhães D.V., Bagnato V.S.: Hardness evaluation of a dental composite polymerized with experimental LED-based devices. *Dent Mater* (2001); 17: 309-315.
  10. Ritter A.V., Cavalcante L.M., Swift E.J. Jr, Thompson J.Y., Pimenta L.A.: Effect of light-curing method on marginal adaptation, microleakage, and microhardness of composite restorations. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* (2006); 78(2): 302-11.
  11. Mills R.W.: Blue light emitting diodes--another method of light curing? *Br Dent J* (1995); 178(5): 169.
  12. Tarle Z., Meniga A., Knezevic A., Sutalo J., Ristic M., Pichler G.: Composite conversion and temperature rise using a conventional, plasma arc, and an experimental blue LED curing unit. *J Oral Rehabil* (2002); 29(7): 662-7.
  13. Araujo C.S., Schein M.T., Zanchi C.H., Rodrigues Jr. S.A., Demarco F.F.: Composite resin microhardness: the influence of light curing method, composite shade, and depth cure. *J. Cont. Dent. Pract* (2008); 9(4): 43-50.
  14. Leinfelder K.F.: Composite resin systems for posterior restorations. *Pract Periodontics Aesthet Dent* (1993); 5(3 Suppl 1): 23-7.
  15. Dunn WJ, Bush AC. A comparison of polymerization by light-emitting diode and halogen-based light-curing units. *J Am Dent Assoc, Chicago*, 2002; 133(3):335-341.
  16. Leonard D., Charlton D.G., Roberts, H.W., Cohen M.E.: Polymerization efficiency of LED curing lights. *J Esthet Rest Dent* (2002); 14: 286-295.
  17. Santos G.B., Medeiros I.S., Fellows C.E., Muench A., Braga R.R.: Composite depth of cure obtained with QTH and LED units assessed by microhardness and micro-Raman spectroscopy. *Oper Dent* (2007); 31(1): 79-83.
  18. Vanderwalle K.S., Roberts H.W., Rueggeberg F.A.: Powers distribution across the face of diferernt

light guides and its effect on composite surface microhardness. *J Esthet Restor Dent* (2008); 20: 108-18.

19. Prince B.T.P., Felix C.A., Andreou P.: Knoop hardness of ten resin composites irradiated with high-power LED and quartz-tungsten-halogen lights. *Biomaterials* (2005); 26: 2631-41.
20. Hasler C., Zimmerli B., Lussi A.: Curing capability of halogen and LED light curing units in deep class II cavities in extracted human molars. *Oper Dent* (2006); 31(3): 354-363.
21. Ramp L.C., Broome J.C., Ramp M.H., Jones Z.A., Martyshkin D.V.: Depth of cure and wear resistance achieved by equivalent irradiation doses from LED vs. QTH lights. *J Dent Res* (2003); 81, Abstr. no. 274.
22. Cavalcante A.N., Mitsui F.H.O., Ambrosano G.M.B., Mathias P., Marchi G.M.: Effect of different mouthrinse on Knoop hardness of a restorative composite. *Am J Dent* (2005); 18: 338-40.
23. Coffey O., Ray N.J., Lynch C.D., Burke F.M.: Hannigan A. In vitro study of surface microhardness of a resin composite exposed to a quartz-halogen lamp. *Quintessence Int* (2004); 35(10): 795-800.
24. Correr A.B., Sinhoretto M.A.C., Sobrinho L.C., Tango R.N., Schneider L.F.J., Consani S.: Effect of the increase of energy density on Knoop hardness of dental composites light-cured by conventional QTH, LED and xenon plasma arc. *Braz Dent J* (2005); 16(3): 218-224.
25. Yoon T.H., Lee Y.K., Lim B.S., Kim C.W.: Degree of polymerization of resin composites by different light sources. *J Oral Rehabil* (2002); 29(12): 1165-73.