

EVALUACIÓN DE LA DUREZA KNOOP DE RESINA COMPUESTA EN FUNCIÓN DE LA VARIACIÓN DE LA TÉCNICA DE POLIMERIZACIÓN COMPLEMENTARIA

EVALUATION OF THE HARDNESS KNOOP OF COMPOSITE RESIN IN FUNCTION OF THE VARIATION OF THE TECHNIQUE OF COMPLEMENTARY POLIMERAZITION.

Monografía presentada al Curso de Especialización en Dentistería del Hospital Geral de Recife.

- **Edevilson Barbosa GOMES Filho.** Alumno del Curso de Especialización en Dentistería del Hospital Geral de Recife/PE - HGeR/PE, Brasil. Dirección: v. Visconde de Suassuna, 874 Apt.302 Edf. Elisa Cabral Santo Amaro - Recife/PE - CEP: 50.050-540 E-mail: ebgfilho@ig.com.br Teléfono: (87) 88041611
- **Paulo Fonseca MENEZES FILHO.** Profesor Adjunto Doctor de Dentistería de la UFPE, Vice Coordinador del Curso de Especialización en Dentistería del Hospital Geral de Recife/PE - HGeR/PE, Brasil. Dirección: Rua da Amizade, 109 Apto. 1402 Graças CEP 52011-260 Recife-Pe Brasil E-mail: paulofmf@globo.com Teléfono: (81) 91942573
- **Claudio Helioimar Vicente da SILVA.** Profesor Adjunto Doctor de Dentistería de la UFPE, Coordinador del Curso de Especialización en Dentistería del Hospital Geral de Recife/PE - HGeR/PE, Brasil.
- **Mário Alexandre Coelho SINHORETI** Profesor Asociado del Área Materiales Dentarios de la Facultad de Odontología de Piracicaba - UNICAMP

RESUMEN

Varios factores son importantes para la completa polimerización de las resinas compuestas, dentre ellos, la intensidad de luz suficiente, la temperatura, el tiempo de polimerización, además de métodos complementarios de polimerización. Basados en estos aspectos, tratando de mejorar las propiedades de los materiales, este trabajo evaluó el grado de dureza Knoop de una resina compuesta bajo la influencia de diferentes métodos de polimerización adicional. Fueron confeccionados 50 especímenes o probetas, y separados en 5 grupos con 10 especies cada: Grupo 1 (Control) - polimerización convencional con luz de lámpara halógena; Grupo 2 - polimerización complementar con calor seco (estufa); Grupo 3 - polimerización complementar con calor húmedo (autoclave); Grupo 4 - polimerización complementar con energía de microondas; Grupo 5 - polimerización complementar con calor y luz por 20 minutos en el prototipo experimental. Los resultados demostraron que todas las técnicas de polimerización complementar fueron eficientes en el aumento de microdureza Knoop del compuesto; en todos los grupos, la región de superficie presentó los mayores valores de microdureza Knoop en relación a la región de fondo; el Grupo 5 (prototipo experimental) fue lo que obtuvo el mejor desempeño y los mayores valores de medias de microdureza Knoop (59,97), con diferencias estadísticamente significantes para los demás.

Palabras claves: resinas compuestas, dureza Knoop, polimerización complementar.

ABSTRACT

Undoubtedly, a several of factors affected the microhardness of composite resins. The aim of this in vitro study was to investigate the influence of complementary polymerization on microhardness of a composite resin. 50 disk specimens were exposed to a halogen lamp for 40 seconds, and then complementary polymerization was made in the other four groups. Group 1 (control) - halogen lamp for 40 seconds; Group 2 (stove) - 120°C; Group 3 - a cycle of 21 minutes in 121°C and 1.5 atm; Group 4 (microwave) - 60% (560W) of total intensity for 3 minutes; Group 5 (experimental) - complementary polymerization with heat and light for 20 minutes on prototype. The results demonstrated that all groups, except the control group, presented higher Knoop microhardness values at the top surface when compared with the bottom, besides that the complementary polymerization increased the microhardness for tested groups, but in Group 5 (experimental) the prototype obtained the best performance with higher values of microhardness (59.97), with significant differences for the other groups.

Key Words: composite resin, Knoop hardness, complementary polymerization.

INTRODUCCIÓN

Las resinas son usadas en la Odontología hace más de 40 años y han sufrido constantes modificaciones por parte de los fabricantes, proporcionando mejores propiedades mecánicas y resultados estéticos más satisfactorios a los pacientes. La morfología y el tamaño de las partículas tienen gran influencia en las propiedades de la resina, como superficie lisa, viscosidad, resistencia a la fractura, desgaste, dureza, contracción y profundidad de polimerización.

Un factor importante a ser considerado en el proceso de fotopolimerización de las resinas compuestas es el grado de conversión, bien como la cantidad de conexiones dobles de carbono formadas en el proceso de fotopolimerización. Las resinas compuestas comprenden una mezcla, de partículas inorgánicas, con una matriz orgánica, ambas unidas químicamente por un agente de unión. El componente resinoso es la matriz polimérica, formada por macromoléculas construidas por repetitivas uniones cercanas a varias unidades pequeñas llamadas de monómeros. (Peutzfeldt, 1997). Las resinas compuestas poseen un mecanismo de polimerización por activación de los radicales libres, donde el agente iniciador de la reacción es una molécula alfa-dicetona, generalmente una canforoquinona que es activada por luz dentro de un largo de onda de 400-500 nm del azul del espectro visible (FAN et al. 2002).

Ha sido demostrado experimentalmente que una lenta reacción de polimerización de las resinas compuestas puede causar menor dano a la interface de la restauración, por aumentar el escurrimiento del material en la fase inicial de la formación de los polímeros, disminuyendo así la tensión de la contracción de polimerización. Una intensidad de luz insuficiente puede inducir a propiedades inferiores, tales como menor dureza y resistencia, siendo que una intensidad de luz alta puede aumentar la tensión de contracción. (KORAN, KURSCHNER, 1998; LEINFELDER, 1999; SINHORETI, 2001). Los principales factores responsables por el éxito de las restauraciones estéticas realizadas con resina compuesta fotopolimerizables son: emisión de suficiente intensidad de luz, correcto largo de onda y tiempo de exposición adecuado. Entretanto, en los sistemas fotoactivados, la polimerización no ocurre por toda la masa por todo el volumen, como en las resinas químicamente activadas, pero solamente donde la luz consigue alcanzar, con una intensidad mínima, dentro del espectro de absorción de la canforoquinona. (MARTINS et al. 2002).

Con la finalidad de eliminar estos problemas relacionados con la técnica directa de la resina compuesta, procedimientos restauradores indirectos y métodos de polimerización complementarios son descritos en la literatura, con la intención de promover una mejora en el desempeño clínico de las resinas compuestas. Diversos estudios fueron desarrollados con la finalidad de aumentar las propiedades físicas y mecánicas de las resinas compuestas por los métodos de polimerización complementar o adicional, son ellos: termopolimerización o calor seco (estufa de esterilización), pneumotermopolimerização o calor húmedo (autoclave), sistema luz calor (light-box), ondas electromagnéticas (microondas) y aparatos hidroneumáticos.

Basados en esos conceptos, este trabajo evaluará la dureza knoop de una resina compuesta, teniendo como variable el método de polimerización para procedimientos indirectos.

MATERIALES Y METODOS

Confección de los cuerpos de pruebas.

Fueron confeccionados 50 cuerpos de pruebas en una matriz metálica de liga de cobre/zinc con 2mm de anchura y 25mm de diámetro externo, conteniendo un agujero central de 5mm de diámetro, utilizando el compuesto restaurador micohíbrido fotopolimerizable Fill Magic, en el color C2, lote n° 049-04, hecho por Vigodent. La matriz metálica fue posicionada sobre una placa de Vitro para la inserción de la resina compuesta, en incremento único. Después de la inserción del material, una tira de poliéster fue puesta sobre el material juntamente con un peso de 500g durante 20 segundos, para homogeneización y nivelación de la superficie.

Figura 1: cuerpos de pruebas



2 - Técnicas de polimerización y aparatos utilizados.

La resina compuesta fue polimerizada de acuerdo con los métodos de polimerización propuestos, o sea, método convencional por luz de lámpara halógena (fotopolimerización) con aparato Ultralux (Dabi Atlante) - intensidad de luz 480 mW/cm², y métodos de polimerización complementaria: calor seco (estufa), calor húmedo (autoclave), calor generado por energía de radiación electromagnética (horno de microondas) y emisión de luz y calor producido por lámparas específicas con intensidad de emisión de luz de 1500 mW/cm² (prototipo experimental).

3 - Descripción del prototipo experimental. El prototipo experimental da caja de fotopolimerización complementaria fue desarrollada en forma cúbica con material de madera del tipo compensado con dimensiones de 12 cm³ con 03 agujeros centrales de 4 cm de diámetro, en los cuales, fueron recibidas lámparas especiales de voltaje 110 V y potencia de 50W, conectadas de manera independiente en 03 transformadores de 110 V, teniendo un único interruptor para accionarlas.

Internamente, todas las paredes de la caja eran revestidas por espejos reflectores de 4 mm de espesor. Como pieza accesorio, un bloque cilíndrico de resina termopolimerizable de 5,5 cm de largo x 2,0 cm de diámetro era fijado con un adhesivo de cara doble internamente en el centro de la parte de hondo de la caja con la finalidad de mantener las distancias equidistantes al centro de luz de las lámparas especiales para los procedimientos de polimerización indirecta.

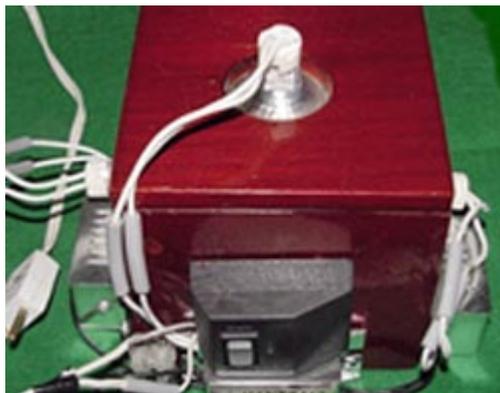


Figura 2: Prototipo experimental - Vista Posterior



Figura 3: Prototipo experimental - Vista Superior

4 - División de los grupos y Tiempos de polimerización.

Las muestras fueron separados en 5 grupos con 10 especímenes cada una y fueron sometidas a tiempos de polimerización de acuerdo con el Cuadro 1, abajo:

Grupos - Sistemas de Polimerización - Tiempos de Exposición:

G1- Método Convencional (MC) - 40 segundos

G2- MC + Termopolimerización (estufa) - 40 segundos + 10 minutos a 120°C

G3- MC + Neumotermopolimerización (autoclave) - 40 segundos + ciclo de 21 minutos a 121°C, Tensión de 1,5 atm

G4- MC + Horno de microondas - 40 segundos + 3 minutos a la potencia de 560W

G5- MC + Prototipo experimental - 40 segundos + 20 minutos a la intensidad de 1500mW/cm²

5 - Terminación/ pulimento y almacenaje.

Tras la realización de estos procedimientos, las fueron sometidos a terminaciones y pulimentos con discos de lijas Sof Lex™ POP-ON (3M), discos de Filtros Diamond y pasta de pulimento Diamond (FGM). Enseguida, fueron almacenados a seco en recipientes de películas fotográficas protegidos de la luz y humedad.

6 - Test de Dureza Knoop (KHN)

Las medidas de microdureza Knoop fueron realizadas en microdurómetro de la marca Shimadzu, modelo HMV-2, Japón. Fueron hechas lecturas a 100 μm de la región de superficie y profundidad de los cuerpos de prueba en cinco puntos equidistantes utilizando carga de 50 gramas por 15 segundos. Trás cada indentación, fue medida la diagonal mayor referente la indentación, con ayuda de las barras verticales presentes em el mostrador del microdurómetro y los valores de dureza Knoop (KHN) fueron convertidos en número a través del "software" del propio durómetro.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos fueron sometidos a el análisis de varianza (ANOVA), seguido del test de comparaciones múltiples de Tukey con nivel de significación de 5% ($p < 0,05$) para la verificación o no de diferencias estadísticas entre los métodos utilizados (Tabla 1).

Tabla 1: Cuadro del Análisis de Variancia.

Causas de la Variación	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Grupo	4	1842,9824542	460,7456135	53,2446	0,00001
Región	1	6483,4584404	6483,4584404	749,2400	0,00001
GruxReg	4	454,0174044	113,5043511	13,1168	0,00001
Residuo	90	778,8041945	86,5337990		
Total	99	9559,2624933			

Media General: 53,476002 Coeficiente de variación: 5,501%

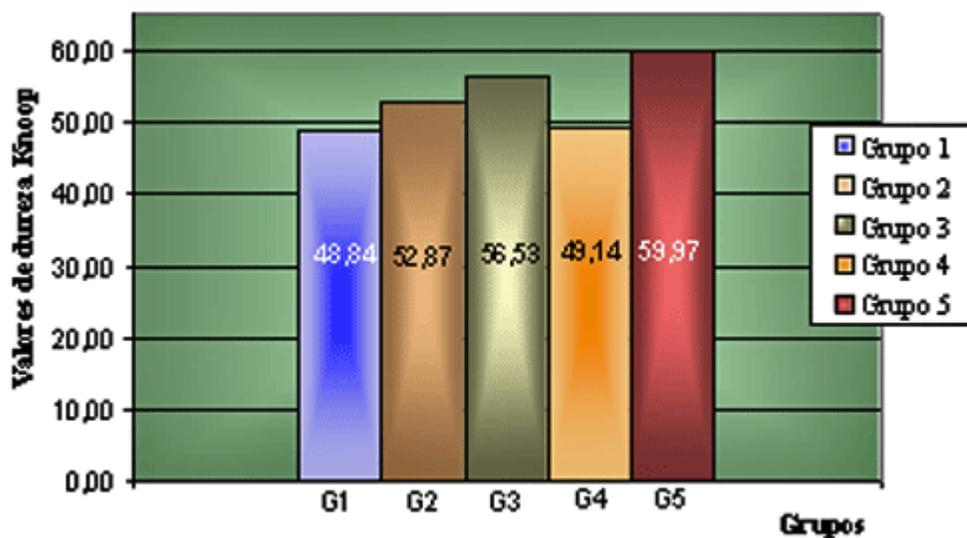
De acuerdo con los resultados de la Tabla 2 e gráfico 1, es posible establecer que los cuerpos de prueba que fueron sometidos a las técnicas de polimerización complementaria obtuvieron resultados satisfactorios en el aumento de los valores de dureza. Los grupos: G5 (prototipo experimental), G3 (autoclave) y G2 (estufa); obtuvieron los mayores valores de dureza Knoop con diferencia estadísticamente significativa entre ellos, donde el mayor valor de dureza (59,97 KHN) fue conseguido por el G5 (prototipo experimental). El menor valor de dureza Knoop (48,84 KHN) fue obtenido por el G1 (método convencional de fotopolimerización); no habiendo diferencia estadísticamente significativo, de este, con el G4 (microondas) - 49,14 KHN.

Tabla 2: Valores de media de dureza Knoop por grupos.

Grupo	Medias (KHN)	5%
G5	59,97	a
G3	56,53	b
G2	52,87	c
G4	49,14	d
G1	48,84	d

* Medias seguidas por letras distintas se diferencian entre si al nivel de significancia indicado: D.M.S. 5% = 2.58835 - D.M.S. 1% = 3.11621

Gráfico 1. Valores de media de dureza Knoop por grupos



En la Tabla 3, el mayor valor de media de microdureza knoop en relación a las regiones analizadas, superficie y hondo, de los cuerpos de pruebas, fueron obtenidos para la región de superficie (61,52 KHN); habiendo diferencia estadísticamente significativo en relación a la región de profundidad (45,42 KHN) (Gráfico 2).

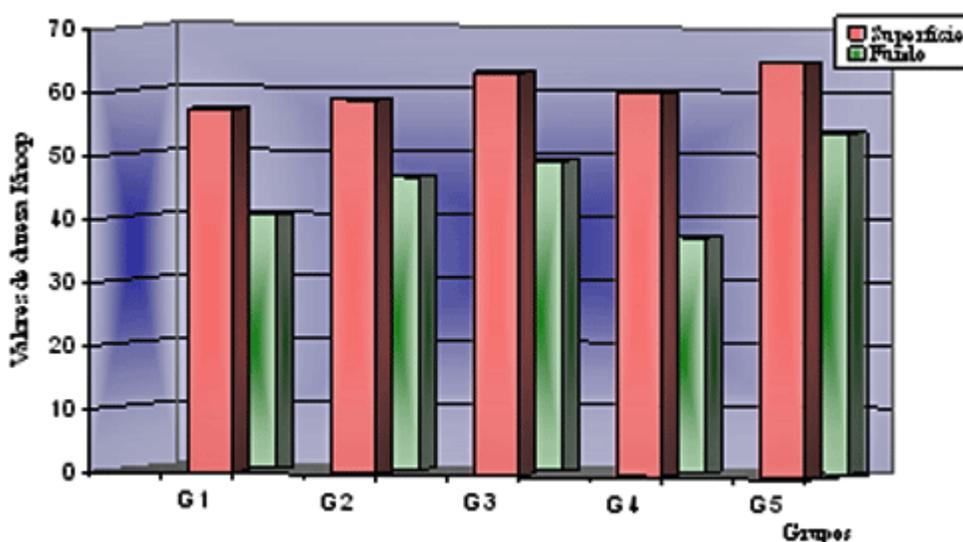
Tabla 3: Valores de media de dureza Knoop por región.

Región	Medias	5%
Superficie	61,52	a
Hondo	45,42	b

* Medias seguidas por letras distintas se diferencian entre si al nivel de significación
Indicado: D.M.S. 5% = 1.16796 - D.M.S. 1% = 1.54549

No Gráfico 2, se puede verificar que para cada grupo analizado en relación a las regiones analizadas, superficie y profundidad, en todos ellos, hubo diferencia estadísticamente significativa en los valores de medias de dureza knoop.

Gráfico 2. Relación dos valores de media de dureza Knoop por región.



DISCUSIÓN

Tiene sido relatado por varios autores que la influencia de métodos complementarios de fotopolimerización con luz, calor y tensión, de manera aislada o en conjunto, cuando empleados de manera adecuada, aumentan el grado de conversión de los monómeros en polímeros, proporcionando polimerización más uniforme, mejorando su desempeño clínico.

La intensidad de luz de los aparatos está asociada al grado de fotopolimerización de las resinas compuestas, pero no se puede afirmar que el aparato con mayor intensidad de luz es lo de mejor calidad, pues otros factores como tiempo de polimerización, el largo de onda de la luz, tiempo de vida útil de la lámpara del aparato, composición y color de la resina compuesta, deben ser llevados en consideración.

La dureza está asociada a otras propiedades como resistencia mecánica, rigidez y elasticidad. Fue comprobado que la dureza Knoop está correlacionada al grado de conversión de monómeros de la resina siendo un importante factor en el éxito clínico de la restauración.

Con base en los resultados obtenidos en este estudio, representados en la Tabla 2, se observó que la resina compuesta analizada, en todos los grupos en los cuales fue sometida a los métodos complementarios de polimerización, tuvo mayores valores medios de dureza superficial. Esto viene al encuentro de los trabajos de Bessing; Lundqvist (1991) y Burke (1991), los cuales sostienen la idea de que los tratamientos por calor con luz o presión pueden mejorar algunas propiedades de la resina compuesta, incluso la dureza Knoop. Almeida et al. (2003) y Silva et al. (2003) también determinaron que la microdureza Knoop y tracción diametral de resinas compuestas fue aumentada con técnicas de post polimerización.

El grupo 5 (prototipo experimental) a base de luz y calor, fue lo que tuvo mayor valor de dureza Knoop (59,97 KHN) con diferencia estadísticamente significativa en relación a los demás grupos. Eso se debe probablemente a la mayor intensidad de luz, generando internamente una distribución más uniforme de calor. Así, en el prototipo experimental, tal vez hubo mayor conversión de los monómeros residuales en polímeros dentro de la matriz resinosa aumentando el grado de dureza (Peutzfeldt, 1997). Estos hallazgos están de acuerdo con Kanca III (1989), que concluyó que el tratamiento de la resina compuesta por calor no aumenta directamente la dureza superficial y, sí, acelera la polimerización, pues el principal beneficio es la estabilidad dimensional que el calor provee. Kidal; Ruyter (1994) también concluyeron que la polimerización complementaria en el horno (luz y calor) contribuyó para aumento del grado de conversión de la matriz polimérica.

Adabo; Cruz; Zanarotti (1997), Wendt Jr. (1989), probaron la influencia del calor como método complementario de la fotopolimerización convencional en la resina compuesta en diversas temperaturas, y llegaron a la conclusión de que la complementación térmica mejora las propiedades físicas y mecánicas de las resinas compuestas, y que la temperatura indicada para optimizar tales propiedades debe quedarse sobre 125°C por 7,5-10 minutos. Este estudio está de acuerdo con los trabajos de estos autores, pues se obtuvieron resultados satisfactorios cuanto a los valores de medias en el aumento del grado de dureza Knoop de la resina compuesta cuando se utilizó complementación térmica en el grupo 2 (estufa de esterilización) a 120°C por 10 minutos (Tabla 2).

La utilización de métodos adicionales de polimerización a base de calor húmedo sob presión o por aparatos hidroneumáticos y o pneumotermáticos, son también relatados en la literatura, como equipamientos complementarios eficientes en el uso de técnicas post polimerizadoras. En este estudio, fue observado que el segundo mejor resultado de dureza Knoop (56,53 KHN), fue alcanzado por el grupo 3 (autoclave). Estos resultados están de acuerdo con los estudios de Cardoso et al. (2001); Costa et al. (2002) y Malaquias (2003).

De acuerdo con los resultados de la Tabla 2, se puede verificar que la técnica por microondas representada por el grupo 4, no desarrolló resultados satisfactorios de valores de dureza Knoop como era esperado. No hubo, por lo tanto, diferencia estadísticamente significativa en este grupo en relación a la técnica de polimerización convencional (Grupo 1).

Esperando mejorar algunas deficiencias de la técnica directa y con el objetivo de obtenerse mejor desempeño de la resina compuesta, y basados en estos resultados, se puede afirmar que sería conveniente la utilización de métodos adicionales de polimerización como complemento a la técnica de fotopolimerización convencional, pues pudo ser observada sensible mejora en el grado de dureza Knoop. Para tanto, se recomienda la utilización de nuestro prototipo experimental descrito en este estudio, seguido de uso del autoclave y estufa de calor seco. Por lo tanto, sin agotarse las dudas y controversias acerca de este asunto, se recomienda aún la realización de otros estudios, principalmente clínicos, para que en el futuro estos hallazgos de laboratorios sean ratificados.

CONCLUSIÓN

Considerando las condiciones experimentales bajo las cuales fue realizado este estudio, y los resultados obtenidos, se puede concluir que:

- Todas las técnicas de polimerización complementaria analizadas fueron eficientes en el aumento de la dureza Knoop de la resina compuesta Fill Magic;
- En todos los grupos, la región de superficie presentó mayores valores de dureza Knoop en relación a la región de profundidad, independiente de los métodos de polimerización utilizado;
- El Grupo 1 (método convencional de fotopolimerización), fue lo que obtuvo la menor media de dureza Knoop, pero no se diferenció estadísticamente del Grupo 4 (microondas).
- El Grupo 5 (prototipo experimental) fue lo que obtuvo el mejor desempeño y la mayor media de dureza Knoop en todos los objetivos analizados, seguido del Grupo 3 (autoclave) y Grupo 2 (estufa);
- La utilización del prototipo experimental puede ser recomendada como método alternativo de polimerización Complementaria en adición a la técnica convencional de fotopolimerización, pues pudo ser observada mejora significativa del grado de dureza Knoop de la resina compuesta analizada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADABO, G. L.; CRUZ, C. A. S.; ZANAROTTI, E. Estudo da influência de diferentes métodos de polimerização complementar sobre a dureza de resinas compostas fotoativadas. Odonto 2000

Odontologia do Século XXI, Araraquara, v.1, n.1, p. 38-42, 1997.

- ALMEIDA, M. C. de et al. Influência do tipo de polimerização na resistência flexural e microdureza de compósitos. JADA, Brasil, v. 6, p. 119-123, mar.-abr., 2003.
- BESSING, C.; LUNDQVIST, P. A 1-year clinical examination of indirect composite resin inlays: a preliminary report. Quint Int, Chicago, v. 22, n. 2, p. 153-157, 1991.
- BURKE, F. J. T. et al. Current status and rationale for composite inlays and onlays. Br Dent J, v. 170, p. 269-273, 1991.
- CARDOSO, P. E. C. et al. Composite flexural strenght in function of post polimerization thermal treatment. J Dent Res Washington, D.C., p. 204, Jan., 2001. Abstract n. 80.
- COSTA, L. H. et al. Avaliação da dureza superficial das resinas compostas: Efeito da complementação da fotopolimerização por diferentes métodos. Rev. Cienc. Odont., ano. 5, n. 5, p. 67-71, 2002.
- FAN, P. L. et al. Curing-light intensity and depth of cure of resin-based composites tested according to international standarts. J Am Dent Assoc, Chicago, v. 133, n. 4, p. 429-434, Apr., 2002.
- KANCA III, J. The effect of heat on the surface hardnes of light-activated composite resins. Quint Int, Chicago, v. 20, n. 12, p. 899-901, 1989.
- KILDAL, K. K.; RUYTER, I. E. How different curing methods affect the degree of conversion of resin-based inlay/onlay materials. Acta Odontol Scand, v. 52, p. 315-322, 1994.
- KORAN, P.; KURSCHNER, R. Effect of sequential versus continuous irradiation of a light-cured resin composite on shrinkage, viscosity, adhesion and degree of polymerization. J Am Dent, v. 10, n. 1, p. 17-22, 1998.
- LEINFELDER, K. F. What intensity is the best in light curing? JADA, Chicago, v. 130, p. 534, Apr., 1999.
- MALAQUIAS, P. P. Termopolimerização adicional em resinas compostas. 2003. 36f. Monografia (Especialização em Dentística) - Universidade Federal de Pernambuco, CCS, Recife, 2003.
- MARTINS, F. et al. Microdureza de resinas em função da cor e luz halógena. Pesquisa Odontológica Brasileira, v. 16, n. 3, p. 246-250, jul.-set., 2002.
- PEUTZFELDT, A. Resinas composites in dentistry: the monomer systems. Eur. J. Oral Sci., v.105, p.97-116, 1997.
- SINHORETI, M. A. C. Influência de métodos de fotoativação e da resina de baixa viscosidade sobre a resistência de união metal-compósito. 2001. 101f. Tese (Livre Docência em Materiais Dentários) - Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Piracicaba.
- WENDT JR., S. L. Time is a factor in the heat curing of composite resins. Quint Int, Chicago, v. 20, n. 4, p. 259-263, Apr. 1989.