

Efecto de los diferentes protocolos de blanqueamiento sobre el esmalte dental y la resina compuesta

Effect of the different protocols from bleaching on the dental enamel and the composite resin

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Diana Gabriela SOARES¹, Carolina Pratti DANIEL², Josimeri HEBLING³, Carlos Alberto DE SOUZA COSTA⁴

¹DDS, Ms, PhD student. Departamento de Materiales Odontológicos y Prótesis. Facultad de Odontología de Araraquara – UNESP.

²DDS, Ms. Facultad de Odontología. Departamento de Odontología Restauradora. Facultad de Odontología de Araraquara – UNESP.

³DDS, Ms, PhD, Profesor Adjunto. Departamento de Ortodoncia y Odontopediatria. Facultad de Odontología de Araraquara – UNESP.

⁴DDS, Ms, PhD, Profesor Titular. Departamento de Fisiología y Patología. Facultad de Odontología de Araraquara – UNESP.

RESUMEN

Objetivos: Evaluar las alteraciones de microdureza, rugosidad y morfología superficial, del esmalte y resina compuesta después de utilizar diferentes técnicas de blanqueamiento dental. **Metodología:** Fragmentos dentales procedentes de incisivos bovinos fueron restaurados con resina compuesta y sometidos a diferentes protocolos de blanqueamiento: G1 – aplicación de peróxido de carbamida (PC) al 10% por 8 horas durante 21 días; G2 – 3 aplicaciones de 15 minutos de peróxido de hidrogeno (H_2O_2) al 38 %; G3 – H_2O_2 al 38% asociado a irradiación con LED (470nm) por 6 minutos. La microdureza Knoop del esmalte y de la resina compuesta fue evaluada antes del procedimiento blanqueador y en los periodos de 1, 7 y 21 días pos-blanqueamiento para el G1, y después de 1, 2 y 3 sesiones para los grupos G2 y G3. La rugosidad superficial fue analizada por medio de un rugosímetro y la morfología superficial por un microscopio de fuerza atómica, antes y después del tratamiento blanqueador. Los datos fueron analizados por las pruebas estadísticas de Mann-Whitney y Wilcoxon ($\alpha=5\%$). **Resultados:** los grupos G2 y G3 resultaron en una disminución significativa de la dureza del esmalte después de 2 y 3 sesiones; y para la resina compuesta después de 21 días para el G1 y después de 3 sesiones para los grupos G2 y G3 ($p<0.05$). En el grupo G1 fueron observadas alteraciones significativas en la rugosidad y en la morfología superficial del esmalte dental ($p<0.05$). **Conclusión:** El gel al 10% de PC causó alteraciones superficiales en el esmalte, y el gel al 38% de H_2O_2 causó una reducción mineral de este tejido dental. Con relación a la resina compuesta, todos los tratamientos de blanqueamiento disminuyeron la dureza de este material.

Palabras clave: Blanqueamiento dental; esmalte dental; resina compuesta; microscopio de fuerza atómica; pruebas de dureza.

ABSTRACT

Purpose: To evaluate changes in microhardness, roughness and surface morphology of dental enamel and composite resin after different tooth bleaching techniques. **Material and Methods:** Dental fragments from bovine incisors with composite resin restorations were submitted to different bleaching protocols: G1 – daily 8 hours application of a 10% carbamide peroxide (CP) gel during 21 days; G2: 3 applications of 15 minutes of a 38% hydrogen peroxide (H_2O_2) gel; G3: 38% H_2O_2 gel associated to irradiation with LED (470nm) during 6 minutes. The Knoop micro hardness of enamel and composite resin were evaluated at 1, 7, 14 and 21 days for G1, and after 1, 2 and 3 sessions for G2 and G3. The roughness and superficial morphology (atomic force microscopy) were evaluated before and at the end of the bleaching treatment. The data were analyzed by Mann-Whitney and Wilcoxon tests ($\alpha=5\%$). **Results:** Significant reduction on enamel hardness was observed after 2 and 3 sessions for G2 and G3. For composite, the reduction occurred after 21 days for G1, and after 3 sessions for G2 and G3 ($p<0.05$). Significant reduction on roughness and superficial morphology were observed only for enamel of G1 group ($p<0.05$). **Conclusion:** The 10% CP gel promoted only superficial alterations on dental enamel, while the 38% H_2O_2 gel promoted mineral reduction of this dental tissue. All the bleaching protocols promoted reduction on hardness of composite resin.

Keywords: Tooth bleaching; tooth enamel; composites; atomic force microscopy; hardness tests.

INTRODUCCIÓN

En la búsqueda por la sonrisa perfecta, el color de los dientes pasa a ser un factor de gran relevancia, lo que torna al blanqueamiento dental un procedimiento bastante solicitado en la actualidad. Una gran diversidad de técnicas están disponibles, variando la concentración del principio activo, forma de presentación y el protocolo de aplicación del producto sobre la estructura dental (Suliman, 2008). La técnica de blanqueamiento casero, en la que geles con baja concentración de peróxido de carbamida (PC) son utilizados, es considerada la alternativa mas segura de blanqueamiento de los tejidos dentales, debido a la liberación lenta, gradual y con bajas concentraciones de peróxido de hidrogeno (H_2O_2) en la estructura dental. Sin embargo, para que esta técnica sea efectiva existe la necesidad de utilizar el gel blanqueador por largos periodos, lo que convierte al blanqueamiento en el consultorio una alternativa muy utilizada cuando son requeridos resultados rápidos (Dalh, Pallesen 2003). La técnica de consultorio se basa en la utilización de elementos blanqueadores con altas concentraciones de H_2O_2 (30% a 38%) o PC (35 a 40%). Los productos pueden ser utilizados en asociación con una fuente de luz y/o calor. La energía originada por esas fuentes tienen el objetivo de acelerar la degradación del H_2O_2 , proporcionando así, un efecto blanqueador en un tiempo clínico mas corto. Sin embargo, todavía existen controversias en cuanto a la eficiencia y seguridad del uso de la luz, asociada al blanqueamiento dental (Buchalla, Attin, 2007).

A pesar de que el blanqueamiento dental es considerado una técnica no invasiva, la literatura ha descrito efectos adversos sobre la estructura dentaria y materiales restauradores, como por ejemplo: la disminución de la microdureza y el aumento de la rugosidad (Kwon et al., 2002; Attin et al., 2004; Soldani et al., 2010). En la situación clínica, la substitución de la restauración adhesiva pre-existente acontece cuando existe diferencia entre el color del diente blanqueado y de la restauración de resina, ya que no todas las restauraciones se tornan antiestéticas después de la realización del blanqueamiento (Yap et al., 2002). Sin embargo, la ausencia de la diferencia en el color no es el único factor considerado en la substitución de esas restauraciones. Se sabe que los elementos reactivos del oxígeno (EROs) y los radicales procedentes de los

agentes blanqueadores pueden reaccionar con los cromóforos de la estructura dental y también con cualquier molécula orgánica que esté disponible (Kawamoto, Tsujimoto, 2004), lo que realza la hipótesis de que los agentes blanqueadores puedan reaccionar con las moléculas presentes en la restauración de resina aumentando la rugosidad de su superficie y tornándola mas susceptible a la adhesión de microorganismos y a la pigmentación (Bailey et al., 1992; Swift, 1997; Shinoara et al., 2001; Hosoya et al., 2003; Attin., 2004; Gursoy et al., 2008). Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue evaluar las posibles alteraciones de microdureza, morfología y rugosidad superficial, del esmalte y de las restauraciones de resina compuesta sometidas a las diferentes técnicas de blanqueamiento dental.

MATERIAL Y METODOS

Obtención de las muestras: Fueron obtenidos dieciocho fragmentos de incisivos bovinos de 8 x 8 mm, con ayuda de un motor de alta velocidad (modelo MRS 400 Torque – Dabi Atlante, Riberáo Preto, SP, Brasil) acoplado a discos flexibles adiamantados de doble cara (KG Sorensen, Barueri, SP, Brasil), utilizando refrigeración constante con agua. Preparaciones cavitarias con 2 mm en sentido cervico-incisal, 4 mm en sentido mesio-distal y 2 mm de profundidad, fueron realizados en el centro de la cara vestibular de los fragmentos, utilizando una fresa cilíndrica de diamante (n° 2094 KG Sorensen, Cotia, SP, Brasil), la cual era substituida cada 4 preparaciones cavitarias (Hebling et al., 1999). Las cavidades fueron restauradas con un sistema adhesivo autocondicionante (Adper™ Prompt™ L-Pop™, 3M ESPE, St. Paul, Minnesota, EUA) y resina compuesta micro-híbrida (Filtek™ Z350 (3M ESPE, Sumaré, SP, Brasil), color A3, con la técnica de incrementos. La polimerización fue realizada con luz halógena (450 mW/cm²; Curing Light XL 300, 3M Dental Products, St. Paul, Minnesota, EUA) durante 40 segundos. Los fragmentos fueron incluidos en resina acrílica auto polimerizable (Vipi Flash, VipiLda, Pirassununga, SP), de forma que la superficie del esmalte y la resina compuesta permanecieran expuestas, las cuales fueron tratadas con lijas de agua con granulación 600, 1200 y 1500 en pulidora (Panambra DP-10 Industrial e Técnica SA. São Paulo, SP, Brasil), por un tiempo de 30 segundos con cada granulación. Después, fue realizado un pulido con una secuencia de pastas diamantadas con granulación de 6, 3 y 1 μ m (Arotec, Arotec S.A., Cotia,

SP). Las muestras fueron distribuidas en forma aleatoria en grupos de ($n=6$), de acuerdo con el tratamiento propuesto en los siguientes grupos: G1 – blanqueamiento con PC al 10%; G2 – Blanqueamiento con H_2O_2 al 38%; G3 – Blanqueamiento con H_2O_2 al 38% asociado a irradiación con luz. Cada muestra sirvió como su propio grupo control, ya que el procedimiento de blanqueador fue realizado en la mitad de cada fragmento.

Procedimiento blanqueador: El gel blanqueador al 10% de PC fue aplicado sobre la superficie de las muestras durante 8 horas por un periodo de 21 días. Para el gel con 38% de H_2O_2 , fueron realizadas 3 aplicaciones consecutivas de 15 minutos, seguido o no de irradiación con aparatos LED con longitud de onda de 470nm (LED Whitening LASE II, DMC, São Carlos, SP, Brasil). La irradiación fue realizada por 3 minutos con la fuente de luz posicionada a 3 cm de distancia del gel blanqueador. Después de un intervalo de 2 minutos, la luz fue aplicada por 3 minutos más. Fueron realizadas un total de 3 sesiones de blanqueamiento. Durante el intervalo de aplicación del gel blanqueador, las muestras fueron almacenadas en saliva artificial con pH neutro y sin flúor.

Análisis de la microdureza: las mediciones de microdureza fueron realizadas con un microdurometro 2100 (Buehler, Lake Bluff, Illinois, USA), con penetrador de tipo Knoop. Fueron realizadas 10 indentaciones, en cada periodo de evaluación, con carga de 50g y tiempo de aplicación de 5 segundos, en dos áreas calibradas en el esmalte y en la resina compuesta. El análisis fue realizado antes del procedimiento blanqueador en todos los grupos experimentales para la obtención de la dureza inicial de cada fragmento, del lado blanqueado y del lado control (no blanqueado). Para el grupo G1, el análisis de la dureza fue realizada antes del tratamiento y después de 7, 14 y 21 días de la aplicación del gel blanqueador. Para los grupos G2 y G3, los análisis fueron realizados antes y después de cada sesión de blanqueamiento, para evaluar el posible efecto re-mineralizador de la saliva artificial.

Análisis de la morfología superficial: La morfología superficial del esmalte y de la resina compuesta fueron evaluadas a través de un microscopio de fuerza atómica (Witec, modelo Alpha 300AR, Baden Württemberg,

Alemania), en tres áreas calibradas en el esmalte y en la resina compuesta de los lados blanqueados y no blanqueados. Para este análisis, fueron utilizadas las mismas muestras que habían sido sometidas a la evaluación de la microdureza.

Análisis de la rugosidad: La rugosidad superficial del esmalte y de la resina compuesta fueron evaluados en las seis muestras de cada grupo experimental utilizados en las pruebas de microdureza, del lado tratado y del lado control. Fueron realizadas tres lecturas en dos puntos diferentes del esmalte y tres lecturas en un punto de la restauración de la resina compuesta en cada lado del cuerpo de prueba, con la aguja pasando por el centro de las tres lecturas. Las mediciones fueron realizadas utilizando un rugosímetro (SJ 400, Mitutoyo Corporatio, Tokyo, Japón), con precisión de lectura de $0,01\mu m$, cut-off (λc) de 0.25mm, extensión de lectura (L) de 0.5 mm, velocidad de la punta activa de 1mm/s en la ida y de 0,5mm/s en la vuelta y el radio de la punta activa de $5\mu m$.

Análisis estadística: Los datos de dureza de ambos sustratos, esmalte y resina, antes y después de la realización del tratamiento blanqueador, y también para los grupos control, fueron comparados por la aplicación de la prueba t para los datos pareados. Esa misma prueba fue utilizada para la comparación del efecto de los tratamientos sobre el lado blanqueado en relación a su lado control, ó sea, el lado no blanqueado. Para la comparación de los tratamientos, los datos fueron sometidos a análisis estadística de Kruskal-Wallis, complementada por la prueba de Mann-Whitney, para la comparación de las sesiones, fueron aplicadas las pruebas de Friedman complementados por las pruebas de Wilcoxon. Para cada sustrato, esmalte y resina, el efecto de la realización del blanqueamiento sobre la rugosidad fue verificado por la aplicación de las pruebas de Wilcoxon. La comparación entre los tratamientos blanqueadores y la ausencia de los mismos (grupos control), sobre esas propiedades fue determinada por la aplicación de las pruebas Kruskal-Wallis complementadas por las pruebas de Mann-Whitney cuando la hipótesis nula de igualdad fue rechazada por la primera de las pruebas. Todas las pruebas estadísticas fueron consideradas utilizando el 5% como nivel de significancia.

RESULTADOS

Los datos de dureza de los diferentes substratos, esmalte dentario bovino y resina compuesta, son presentados en las Tablas 1 y 2, respectivamente. En el esmalte dental, fue observado que el gel con 10% de PC no proporciono reducción significativa de la dureza, aun después de 21 días de blanqueamiento, cuando los lados blanqueados y no blanqueados fueron comparados ($p > 0.05$). Para el gel con 38% de H_2O_2 , fue observada la reducción de la dureza con relación al lado no blanqueado después de la segunda y tercera sesión de blanqueamiento, independientemente de la aplicación de la luz ($p < 0.05$). En la resina compuesta la reducción significativa de la dureza fue observada después de 21 días de tratamiento con el gel al 10% de PC, y después de 3 sesiones con gel al 38% de H_2O_2 , irradiado o no con el sistema LED/Laser ($p < 0.05$).

Tabla 1. Dureza Knoop del esmalte blanqueado en función del tratamiento blanqueador y número de sesiones realizadas.

Tratamiento blanqueador	Número da sesiones					
	Primera		Segunda		Tercera	
	Dureza inicial	Dureza final	Dureza inicial	Dureza final	Dureza inicial	Dureza final
PC 10%	285,62 (265,72-291,59)†Aa	281,55 (254,70-294,70) Aa	283,40 (254,69-297,64) Aa	283,80 (244,70-294,60) ABa	284,76 (256,36-294,85) Aa	263,50 (228,85-287,85) Aa
PH 38%	301,40 (291,90-320,00) Aa	297,00 (275,10-317,20) ABa	298,30 (283,20-304,10) Aa	249,65 (241,35-256,20) Ab	256,05 (242,65-264,35) Ab	255,65 (233,65-268,90) Ab
PH 38% + luz	298,70 (286,00-359,10) Aa	315,20 (297,70-325,00) Ba	290,30 (281,40-312,30) Ab	287,20 (280,20-304,10) Bb	271,35 (244,70-304,05) Ab	254,35 (237,75-286,10) Ab

† Valores son mediana (percentil 25-percentil 75), $n=6$. ^A Letras mayúsculas permiten comparaciones en las columnas (Mann-Whitney) en cuanto ^a letras minúsculas permiten comparaciones en las líneas (Wilcoxon). Valores representados por letras iguales no difieren estadísticamente ($p > 0.05$).

Los resultados para el análisis de la rugosidad superficial están demostrados en la Tabla 3. Ausencia de diferencia estadística fue observada en la resina restauradora cuando fue sometida a los diferentes tratamientos blanqueadores. En el esmalte el tipo de tratamiento blanqueador influencio significativamente en la rugosidad. Fue observado el aumento significativo de la rugosidad para ese substrato cuando se aplico el gel al 10% de PC, la cual fue estadísticamente diferente de la rugosidad registrada para los demás tratamientos H_2O_2 , con o sin luz, los cuales no tuvieron diferencia entre sí ($p > 0.05$). Cuando los lados blanqueados y no blanqueados de una misma muestra fueron comparados, la única diferencia estadística observada fue para el esmalte dental tratado con PC 10%, con aumento significativo para la rugosidad cuando ese agente blanqueador fue aplicado ($p < 0.05$). Ningún efecto sobre la rugosidad del esmalte fue observado con los tratamientos con H_2O_2 38%, independientemente de la aplicación o no de la luz ($p > 0.05$). De la misma forma, fue observado ausencia de un efecto significativo sobre la rugosidad de la resina restauradora para todos los tratamiento blanqueadores ($p > 0.05$).

En ninguna de la imágenes obtenidas por microscopia por fuerza atómica, la superficie de esmalte y resina no blanqueada se presento uniforme (Figuras 1A y 2A). Cuando se comparo los lados blanqueados con los no blanqueados, se observo un aumento en la irregularidad de la superficie, caracterizada por el aumento de la distancia entre los picos y los valles (Figura 1B). No fue observado ningún efecto sobre la superficie de esmalte con los tratamientos con H_2O_2 38% (Figuras 1C y 1D). No fue observada ninguna alteración en la resina compuesta para todos los tratamientos realizados (Figura 2B, C y D).

DISCUSIÓN

La constante búsqueda por procedimientos estéticos ha llevado a muchos pacientes y dentistas a utilizar de forma indiscriminada la terapia de blanqueamiento dental, por ser supuestamente un procedimiento no invasivo (Dalh, Pallesen, 2003). Sin embargo ha sido descrito que la aplicación de gel blanqueador sobre el esmalte puede resultar en alteraciones estructurales debido a la disolución de la

gel al 10% de PC no originó alteraciones significativas del contenido mineral del esmalte. Sin embargo, en el estudio de McCracken y Haywood (1996), fue observada reducción significativa del contenido de calcio del esmalte sumergido en una solución al 10% de PC por 6 horas. Potocknic et al. (2000), observaron pérdida mineral significativa del esmalte después de 42 aplicaciones consecutivas de 8 horas de un gel blanqueador al 10% de PC en la superficie del esmalte.

Tabla 2. Dureza Knoop de la resina compuesta blanqueada en función al tratamiento blanqueador y numero de sesiones realizadas.

Tratamiento blanqueador	Número da sesiones					
	Primera		Segunda		Tercera	
	Dureza inicial	Dureza final	Dureza inicial	Dureza final	Dureza inicial	Dureza final
PC 10%	85,25 (79,24-88,02)†Aa	80,50 (77,70-86,00) Aab	80,53 (77,69-86,02) Aab	76,30 (72,00-81,90) Aab	77,14 (77,88-84,72) Bab	74,40 (65,90-78,80) Ab
PH 38%	90,05 (81,45-94,35) Aa	81,90 (77,60-83,40) Aab	82,80 (80,30-90,10) Aa	81,20 (77,90-96,60) Aab	86,80 (82,60-87,95) Aa	76,90 (66,45-80,85) Ab
PH 38% + luz	87,80 (83,65-98,05) Aa	85,30 (72,85-88,25) Aa	80,40 (70,50-85,70) Aab	84,10 (76,65-87,05) Aa	85,60 (83,40-89,95) Aa	82,35 (65,00-89,25) Ab

† Valores son mediana (percentil 25-percentil 75), n=6. ^A Letras mayúsculas permiten comparaciones en las columnas (Mann-Whitney) en cuanto ^a letras minúsculas permiten comparaciones en las líneas (Wilcoxon). Valores representados por letras iguales no difieren estadísticamente (p>0.05).

matriz de este tejido altamente mineralizado (Kwon et al., 2002; Eimar et al. 2012). Además, el procedimiento blanqueador puede afectar negativamente las propiedades de diferentes materiales usados en la restauración de cavidades (Bailey et al., 1992; Swift, 1997; Shinoara et al., 2001; Attin et al., 2004). De esa forma, el objetivo de esta investigación fue evaluar los efectos de un material blanqueador casero al 10% de PC y un material de consultorio de 38% de H₂O₂, asociado o no a luz, sobre la estructura mineral y superficie del esmalte dental y de restauraciones con resina compuesta.

Para el gel blanqueador al 10% de PC, no fueron observadas alteraciones significantes de la microdureza del esmalte, aun después de 21 días de aplicación del producto sobre la superficie dental. Sin embargo, no fue observado un aumento significativo en la rugosidad, así como en las irregularidades de la superficie. La evaluación de la microdureza del esmalte es una prueba bastante utilizada pues brinda datos indirectos de pérdida o ganancia de minerales (Ushigomeer al., 2009). De esta forma, en el presente estudio, la aplicación del

Otros estudios demostraron reducción significativa de la microdureza Knoop del esmalte sometido al blanqueamiento con un gel con la misma concentración del componente activo, aplicando diariamente por 6 o 8 horas en un periodo de 21 días (Rodrigues et al., 2001; Soldani et al., 2010). Por lo tanto, la mayoría de los estudios considera la pérdida mineral como baja y clínicamente insignificante debido a la posibilidad de remineralización por la saliva y fluoruros in vivo (McCracken, Haywood 1995; Rodrigues et al., 2001; Soldani et al., 2010).

De acuerdo con Efeoglu et al. (2005), las alteraciones en el esmalte sometido al blanqueamiento casero parecen ser limitadas a la porción superficial. Los otros autores observaron por micro-tomografía computarizada, que después del blanqueamiento por 8 horas diarias con PC al 10% durante 15 días consecutivos, intercalado con aplicaciones de saliva artificial, la profundidad de desmineralización del esmalte se limito a 50 µm, no siendo observadas alteraciones en profundidad de este tejido dentario, y tampoco en la región de la unión amelo-dentinaria. En

el presente estudio, las alteraciones en el esmalte originadas por el gel blanqueador casero al 10% de PC se limitaron a la superficie, siendo observado un aumento en la rugosidad y en las porosidades superficiales. Diversos estudios demostraron un aumento en la porosidad del esmalte después del blanqueamiento casero, esas alteraciones fueron observadas después de largos periodos en contacto del producto con la superficie (6 a 8 horas) por periodos superiores a los 7 días (Hegedüs et al., 1999). En el estudio realizado por Dudea et al. (2009), cuando fue realizada una única aplicación del gel al 15% de PC por 3 o 8 horas no ocurrieron alteraciones significativas en la micromorfología superficial del esmalte en una análisis por MEV, sin embargo, cuando el gel fue aplicado por 14 días consecutivos, fueron observadas áreas de erosión superficiales significativas. Este hecho fue demostrado por Hegedüs et al. (1999), quienes observaron por microscopia de fuerza atómica que el esmalte sometido a siete aplicaciones consecutivas de PC al 10% presento una superficie mas porosa.

2002; Bistey et al., 2007; Ushigome et al., 2009). Otros estudios demostraron alteraciones significativas en la superficie del esmalte. Sin embargo, la mayoría de estos estudios utilizaron soluciones de H₂O₂, en la cual las muestras permanecieron sumergidos por largos periodos. En el estudio de Hegeduz et al. (1999), fueron observadas la presencia de surcos profundos en el esmalte 24 horas después de la inmersión en solución al 30% de H₂O₂. Kwon et al. (2000) observaron un aumento de la rugosidad y de la porosidad del esmalte después de 4 días de inmersión en una solución al 30% de H₂O₂. Otros estudios demostraron, disolución del esmalte, con perdida significativa del contenido de calcio (Ca) y fosforo (P), después de la inmersión de las muestras en una solución al 30% de H₂O₂ durante periodos de hasta 120 horas (Bistey et al., 2007). En un estudio reciente, Ushigome et al. (2009) observaron un aumento significativo de la rugosidad del esmalte después de la inmersión en solución al 30% de H₂O₂ por 180 minutos, así como, la reducción del contenido de

Tabla 3. Rugosidad (Ra) del esmalte y de la resina restauradora sometidos o no a diferentes tratamiento blanqueadores .

Tratamiento blanqueador	Substrato ^φ			
	Esmalte (n=6)		Resina (n=6)	
	No realizado	Realizado	No realizado	Realizado
PC 10%	0,06 (0,03-0,07) [†] a A	0,05 (0,04-0,07) b A	0,06 (0,04-0,07) a A	0,08 (0,06-0,11) a A
PH 38%	0,06 (0,05-0,08) a A	0,06 (0,04-0,07) a A	0,08 (0,06-0,08) a A	0,06 (0,05-0,06) a A
PH 38% + luz	0,07 (0,07-0,09) a A	0,05 (0,04-0,5) a A	0,05 (0,04-0,07) a A	0,07 (0,06-0,9) a A

[†] Valores son mediana (percentil 25-percentil 75), n=6 para ambos substratos.

^φ Para cada substrato, valores indicados por letras minúsculas iguales en las líneas (Wilcoxon, p>0,05) y mayúsculas iguales en las columnas (Kruskal-Wallis complementado por Mann-Whitney, p>0,05) no difieren estadísticamente.

Para el material blanqueador de consultorio 38% de H₂O₂, asociado o no a irradiación por luz LED, fueron observadas alteraciones significantes en la microdureza del esmalte, sin embargo, no fueron observadas alteraciones significativas en la rugosidad superficial, así como en la morfología superficial. Diversos estudios en la literatura demostraron la disminución significativa de la microdureza del esmalte cuando elevadas concentraciones de H₂O₂, las cuales son directamente proporcionales a la concentración y tiempo de contacto con el material blanqueador con la superficie dental (Hegeduz et al., 1999; Kwon et al.,

calcio y áreas de erosión generalizadas. De esta forma, los resultados de estos estudios se presentan súper-valorados, ya que el tiempo de contacto con las soluciones blanqueadoras sobre el tejido dental era demasiado largo y las muestras no entraban en contacto con la saliva, la cual tiene una reconocida capacidad de remineralizar el esmalte. En el presente estudio, el agente blanqueador utilizado fue en forma de gel, el cual permaneció en contacto con la superficie del esmalte por 45 minutos, cambiando el producto cada 15 minutos. Estos hechos pueden explicar, por lo menos en parte, la diferencia de los resultados

obtenidos en la presente investigación sobre la rugosidad, cuando es comparada con los estudios publicados en la literatura pertinente. Como las alteraciones en el esmalte son directamente proporcionales al tiempo de contacto con el producto con la superficie dental (Hegedüs et al., 1999; Kwon et al., 2002; Bistey et al., 2007; Cavalli et al., 2004; Ushigome et al., 2009), el menor tiempo de blanqueamiento utilizado en el presente estudio pudo haber limitado los efectos del gel blanqueador al 38% de H_2O_2 en la rugosidad del esmalte y de la resina compuesta de las muestras. El protocolo de blanqueamiento utilizado en esta investigación fue basado en las recomendaciones del fabricante, ampliamente utilizadas clínicamente. Asimismo, en el actual estudio la saliva artificial fue aplicada en intervalo

En el presente estudio, se observaron diferentes patrones de alteración en el esmalte de acuerdo con el gel blanqueador utilizado. Para el gel con elevadas concentraciones de H_2O_2 fueron observadas alteraciones en la estructura mineral, no siendo observadas alteraciones en la superficie, en cuanto para el gel con PC las alteraciones fueron limitadas a la superficie del esmalte. Este hecho puede ser debido a la rápida difusión del H_2O_2 , a partir del gel de consultorio, por las estructuras duras del diente. Se cree que las alteraciones en la estructura del esmalte sometido a blanqueamiento sean causadas por la acción oxidativa del H_2O_2 en la matriz orgánica presente en este tejido, causando una desestructuración con consecuente pérdida mineral (Kwon et al., 2002). De esta forma, la rápida difusión del H_2O_2 a partir del gel de consultorio probablemente proporcione la oxidación de la matriz orgánica del esmalte en mayor cantidad y profundidad, resultando en la pérdida mineral observada por esta prueba de microdureza. Para el gel de peróxido de carbamida, la presencia de carbopol (agente espesante) en la composición proporciona una liberación lenta y gradual de bajas concentraciones de H_2O_2 , lo que probablemente disminuya los efectos de esta molécula en profundidad. Además, la urea que es liberada de este agente blanqueador cuando entra en contacto con la saliva, intensifica los efectos en superficie del PC, pues esta molécula tiene una reconocida capacidad de desnaturalizar las proteínas (Arends et al., 1997). Otros estudios han sugerido que el agente espesante utilizado en los geles blanqueadores caseros puede ser un factor más a ser considerado en las alteraciones superficiales

de las sesiones de blanqueamiento (1 semana). La utilización de la saliva fue con el objetivo de acercar el experimento de laboratorio a la situación clínica. En el estudio de Spalding et al. (2003), cuando el blanqueamiento al 35% de H_2O_2 fue realizado por 20 minutos y la morfología superficial fue evaluada inmediatamente después del procedimiento, fue observado un aumento en la porosidad del esmalte caracterizado por una gran cantidad de fisuras junto a los procesos de Tomes. Sin embargo, cuando las muestras fueron almacenadas en saliva humana por 1 semana después del blanqueamiento, se observó un manto granular formado por partículas y glóbulos redondeados que no fueron observados en el grupo control, siendo considerada una posible área de remineralización.

del esmalte (Rodrigues et al., 2001; Basting et al., 2003; Soldani et al., 2010). El espesante más comúnmente encontrado en esos geles es el carbopol, que es un polímero de ácido acrílico sintético de pH ácido (McCracken, Haywood, 1995), el cual ayuda en la estabilización del peróxido presente en el gel blanqueador, impidiendo su degradación. Estudios *in vitro* e *in situ* demostraron que geles placebo conteniendo carbopol, pero sin PC en su composición, generaron alteraciones en la microdureza del esmalte (Rodrigues et al., 2001; Basting et al., 2003; Soldani et al., 2010). Por lo tanto, se especula que el carbopol pudiera actuar de forma sinérgica con el H_2O_2 y potencializar los efectos de la pérdida mineral debido a su pH ácido (Soldani et al., 2010). De esta forma, los diferentes patrones de alteraciones estructurales observados en el presente estudio pueden ser resultado de la forma de presentación del gel blanqueador, ósea, en el agente blanqueador casero a base de PC, la liberación lenta y gradual de H_2O_2 a partir de este gel puede haber actuado en la prevención de efectos en profundidad en el esmalte, sin embargo, las alteraciones en la superficie fueron más significativas debido a una asociación de los efectos del H_2O_2 a la urea y al carbopol. Para el gel al 38% de H_2O_2 asociado a la liberación inmediata de elevadas cantidades de H_2O_2 causaron efectos en profundidad en el esmalte, debido a una rápida difusión de esta molécula por los tejidos duros del diente, resultando en disminución significativa de la microdureza sin alteraciones significantes en la superficie del esmalte.

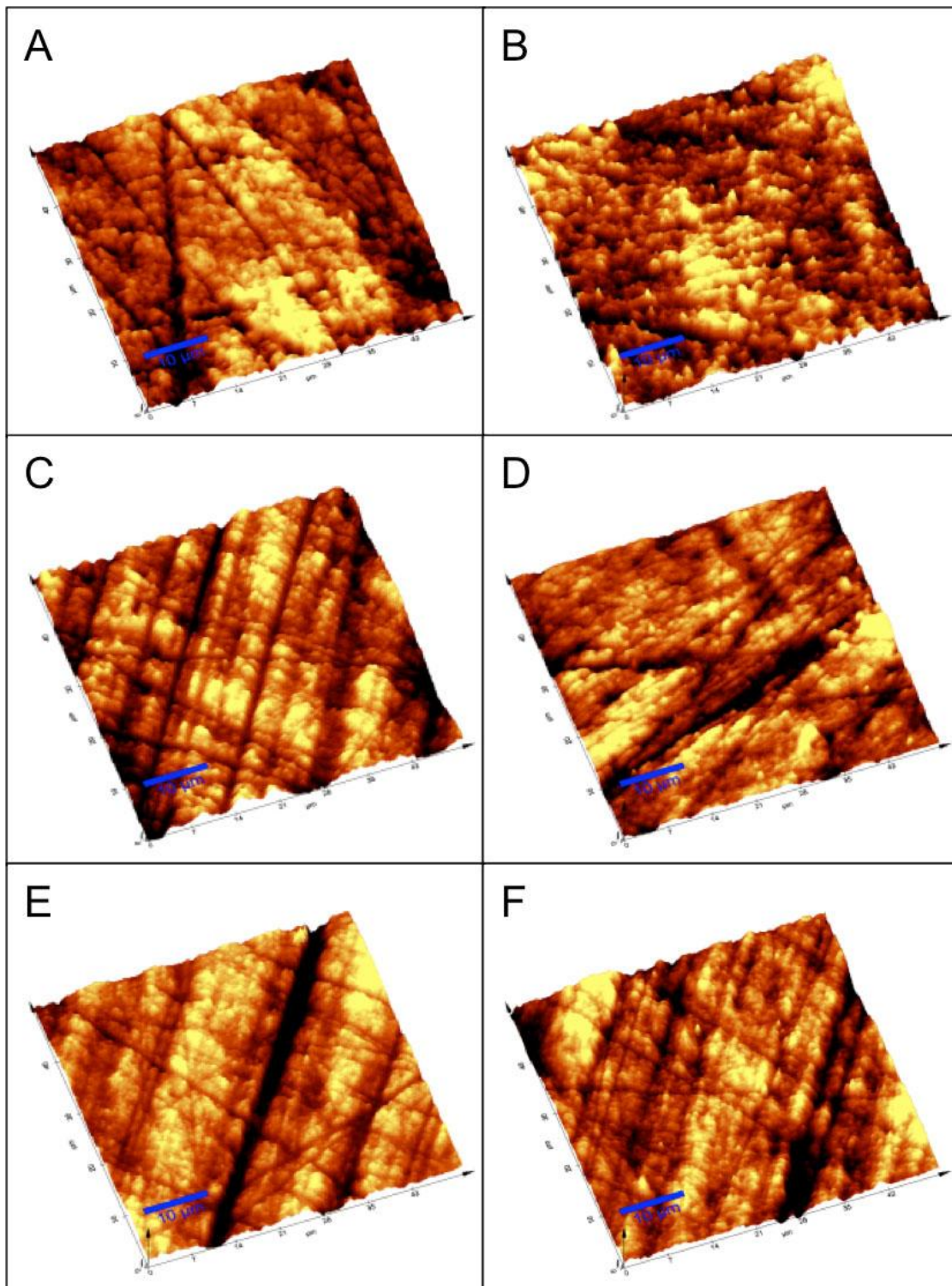


Figura 1. Imágenes de la AFM características de la morfología superficial del esmalte de los lados blanqueados y no blanqueados. **A/B:** PC a 10% - (A): esmalte no blanqueado – se observa una superficie lisa y pulida; (B): esmalte blanqueado – se observa una superficie mas irregular y con una mayor distancia entre los picos y los valles; **C/D:** H₂O₂ al 38% ambos lados, no blanqueado (C) y blanqueado (D) presenta morfologías similares. Note la presencia de surcos provenientes del procedimiento de pulido; **E/F:** H₂O₂ al 38% + Luz – Los lados no blanqueados (E) y blanqueados (F) se presentan similares, así como lo observado para el mismo gel sin luz.

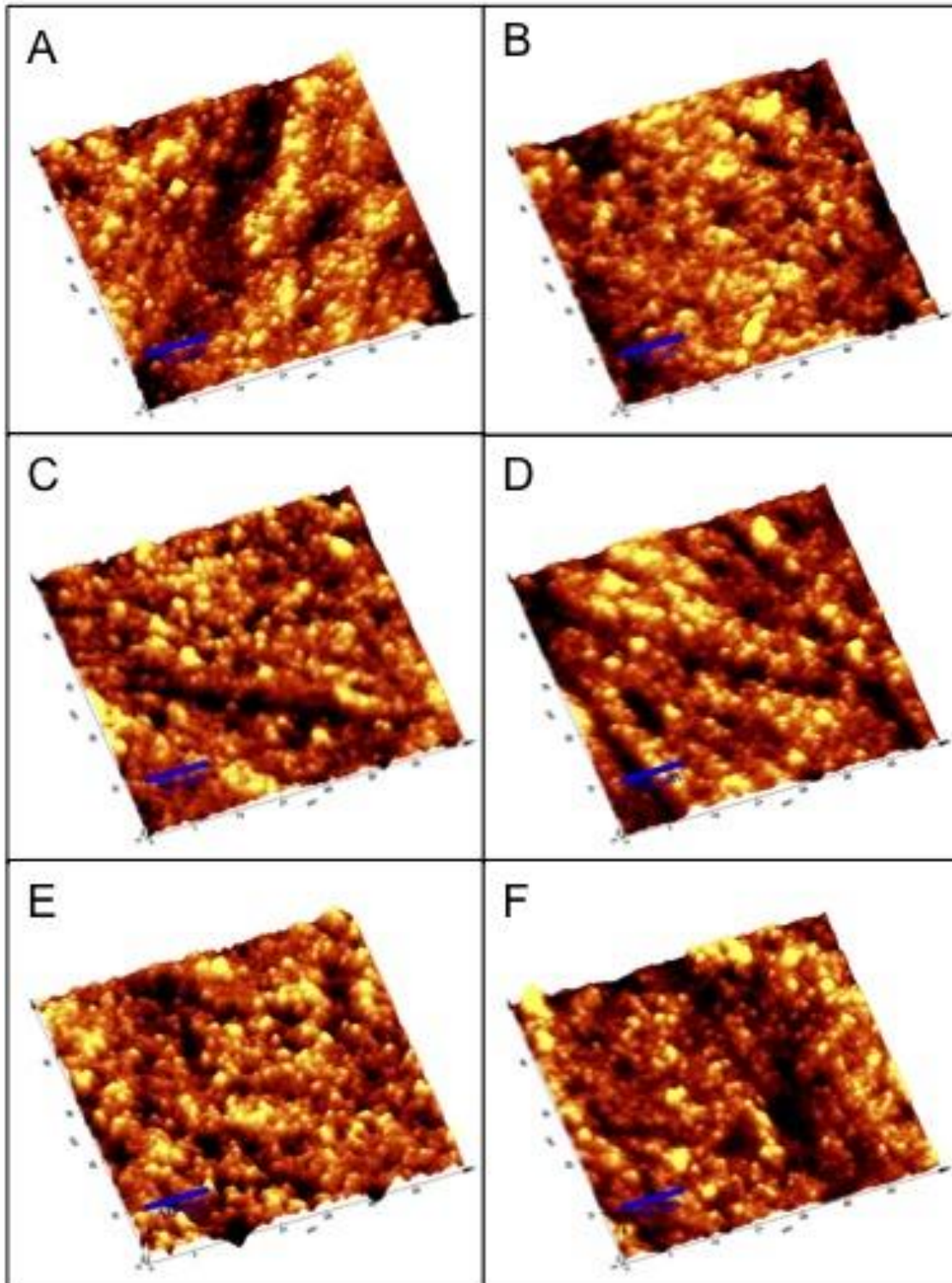


Figura 2. Imágenes de la AFM características de la morfología superficial de la resina compuesta de los lados blanqueados y no blanqueados. **A/B:** PC a 10% - (A): esmalte no blanqueado y (B): esmalte blanqueado presentan morfologías similares, siendo observado los surcos resultantes del procedimiento de pulido; **C/D:** H₂O₂ al 38% de forma semejante, no se observaron diferencias entre los lados no blanqueados (C) y blanqueados (D); **E/F:** H₂O₂ al 38% + Luz – la resina compuesta se presenta con característica uniforme en ambos lados no blanqueados (E) y blanqueados (F).

Otro factor importante a ser evaluado durante el blanqueamiento dental es la presencia de restauraciones en la superficie a ser blanqueada. Como el H_2O_2 es un potente agente oxidante e inespecífico, existe la hipótesis de que al mismo tiempo puede actuar con los cromóforos presentes en la estructura dental, y también con cualquier molécula orgánica que esté disponible (Kawamoto, Tsujimoto, 2004), lo que pudiera resultar en alteraciones en la estructura de los materiales restauradores resinosos (Bailey et al., 1992; Swift, 1997; Shinoara et al., 2001; Attin et al., 2004). La alteración de la textura superficial puede llevar a una mayor adherencia de bacterias sobre la superficie de las restauraciones (Hosoya et al., 2003; Gursoy et al., 2008), pudiendo elevar el riesgo de recidiva de caries. En el presente estudio no fueron observadas diferencias en la rugosidad y en la morfología superficial de la resina compuesta antes y después del blanqueamiento con H_2O_2 al 38%, asociado o no a luz, o con el PC al 10% aun después de 21 aplicaciones diarias. Sin embargo, alteraciones de la microdureza de este material fueron observadas en todos los grupos experimentales. La literatura presenta controversias en cuanto a los efectos del blanqueamiento dental en las restauraciones de resina compuesta. Según Swift Jr. (1997), estas restauraciones pueden presentar alteraciones después del blanqueamiento, como el aumento de rugosidad superficial, alteración en el color y en la microdureza. Algunos estudios demostraron que la utilización del H_2O_2 (30-35%) o de PC al 10% por 21 días, resulta en alteraciones en la rugosidad superficial de este material restaurador (Turker et al., 2002). Sin embargo, otros estudios no demostraron alteraciones significativas en la superficie de las restauraciones de resina compuesta cuando el blanqueamiento fue realizado con H_2O_2 al 35%, después de tres sesiones de 30 minutos (Wattanapayungkull, Yap, 2002). Resultados semejantes a los del presente estudio también fueron observados para el PC al 10% por Campos et al., (2003), los cuales demostraron que aplicaciones diarias de este producto por 6 horas durante 21 días, no resultó en alteraciones en las superficies de las restauraciones.

Con relación a la asociación del blanqueamiento con el gel conteniendo 38 % de H_2O_2 irradiado o no con luz LED, en el presente estudio fueron observadas alteraciones significantes en la microdureza del esmalte y de la resina compuesta, antes y después del procedimiento blanqueador, pero de forma similar entre los grupos irradiados o no. En cuanto a la

rugosidad, no fueron encontradas alteraciones significativas sobre la superficie del esmalte, así como de la resina compuesta cuando se comparó el grupo irradiado y el no irradiado. De acuerdo con la literatura, la luz tiene un efecto catalizador sobre los agentes blanqueadores, pues acelera la liberación de radicales hidroxilo (OH^\cdot) a partir del H_2O_2 . Cuando la luz es aplicada sobre el gel blanqueador, una parte de ella es absorbida y su energía es convertida en calor, el cual es utilizado para romper el H_2O_2 y liberar los radicales OH^\cdot para interactuar con moléculas más complejas y degradarlas en el interior del tejido dental (Buchala, Attin, 2007). Sin embargo, los efectos de la luz en el blanqueamiento dental son controversiales. Investigaciones recientes aportaron evidencias de que el sinergismo los geles blanqueadores por medio de la utilización de fuentes de luz no es necesaria para obtener mejores resultados estéticos, ó sea que, la aplicación de luz no brinda contribución comprobada en el resultado final del blanqueamiento dental (Hein et al., 2003; Bruzell et al., 2009). De esta forma, la asociación del blanqueamiento con luz no potencializa los efectos del agente blanqueador sobre la estructura dental o restauraciones, como fue observado en el presente estudio, visto que este procedimiento solo acelera la degradación del H_2O_2 al 38%, así como su penetración por los tejidos duros del diente (Camargo et al., 2009).

De una forma general, las alteraciones en el esmalte observadas en el presente estudio parecen ser sutiles, existiendo el potencial de re-mineralización del esmalte por la saliva *in vivo* (Spalding et al., 2003). Con relación a la resina compuesta, en el presente estudio fue realizada una evaluación superficial, no siendo evaluada la interface adhesiva, la cual puede sufrir degradación después del blanqueamiento, resultando en alguna situaciones específicas, en la necesidad de cambiar la restauración después del procedimiento blanqueador. De esta forma, son necesarios estudios *in situ* para evaluar los efectos del blanqueamiento en la estructura dental dentro del ambiente oral, así como estudios que evalúen posibles alteraciones en la interface adhesiva de las restauraciones de resina compuesta.

CONCLUSIONES

De acuerdo con la metodología utilizada en el presente estudio, fue posible concluir que el gel al 10% de PC generó solo alteraciones superficiales en el

esmalte. El gel al 38 % de H₂O₂ causó una reducción mineral de este tejido dental. Con relación a la resina

compuesta, todos los tratamientos blanqueadores disminuyeron la dureza de este material.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Fundación de amparo a la investigación del estado de Sao Paulo – FAPESP (grants # 2011/12938-8 and 2011/09385-7) y al Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico – CNPq (grant # 301029/2010-1) por el apoyo financiero.

Dirección para correspondencia:

Prof. Dr. Carlos Alberto de Souza Costa
Departamento de Fisiología y Patología
Facultad de Odontología de Araraquara - UNESP
Rua Humaitá, 1680 – Centro. CEP: 14801-903,
Araraquara, SP
Tel: (16) 3301-6477. Fax: (16) 3301-6488
E-mail: casouzac@foar.unesp.br

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Attin T, Hannig C, Wiegand A, Attin R. Effect of bleaching on restorative materials and restorations a systematic review. *Dent Mat.* 2004; 20: 852-61.
Arends J, Jongebloed WL, Goldberg M, Schuthof J. Interaction of urea and human enamel. *Caries res.* 1997; 26: 531-9.
Bailey SJ, Swift EJ Jr. Effects of home bleaching products on composite resins. *Quintessence Int.* 1992; 23: 489-94.
Basting RT, Rodrigues Jr AL, Serra MC. The effects of seven carbamide peroxide bleaching agents on enamel microhardness over time. *J Am Dent Assoc* 2003; 134: 1335-42.
Bistey T, Nagy IP, Simó A, Hegedus C. In vitro FT-IR study of the effects of hydrogen peroxide on superficial tooth enamel. *J Dent.* 2007; 35: 325-30.
Bruzell EM, Johnsen B, Aalerud TN, Dahl JE, Christensen T. In vitro efficacy and risk for adverse effects of light-assisted tooth bleaching. *Photochem. Photobiol. Sci.* 2009; 8: 377–85.
Buchalla W, Attin T. External bleaching therapy with activation by heat, light or laser-A systematic review. *Dent Mater.* 2007; 23: 586-96.
Camargo SE, Cardoso PE, Valera MC, de Araújo MA, Kojima AN. Penetration of 35% hydrogen peroxide into the pulp chamber in bovine teeth after LED or Nd:YAG laser activation. *Eur J Esthet Dent.* 2009; 4: 82-8.
Campos I, Briso AL, Pimenta LA, Ambrosano G. Effects of bleaching with carbamide peroxide gels on microhardness of restoration materials. *J Esthet Restor dent.* 2003; 15: 175-82.

Cavalli V, Arrais CA, Giannini M, Ambrosano GM. High-concentrated carbamide peroxide bleaching agents effects on enamel surface. *J Oral Rehabil.* 2004; 31: 155-9.
Dalh JE, Pallesen U. Tooth bleaching – A critical review of the biological aspects. *Crit Rev Oral Biol Med.* 2003; 14: 292-30.
Dudea D, Florea A, Miha C, Câmpeanu R, Nicola C, Benga G. The use of scanning electron microscopy in evaluating the effect of a bleaching agent on the enamel surface. *Rom J Morphol Embryol.* 2009; 50: 435-40.
Efeoglu N, Wood D, Efeoglu C. Microcomputerised tomography evaluation of 10% carbamide peroxide applied to enamel. *J Dent.* 2005; 33: 561-7.
Eimar H, Siciliano R, Abdallah M. Net al. Hydrogen peroxide whitens teeth by oxidizing the organic structure. *J Dent.* 2012 doi: 10.1016/j.jdent.2012.08.008
Gursoy UK, Eren DI, Bektas OO, Hurmuzlu F, Bostanci V, Ozdemir H. Effect of external tooth bleaching on dental plaque accumulation and tooth discoloration. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2008; 13: E266-9
Hebling J, Giro EMA, Costa CAS. Human pulp response after an adhesive system application in deep cavities. *J Dent.* 1999; 27: 557-64
Hegedüs C, Bistey T, Flóra-Nagy E, Keszthelyi G, Jenei A. An atomic force microscopy study on the effect of bleaching agents on enamel surface. *J Dent.* 1999; 27: 509-15.
Hein DK., Ploeger BJ, Hartup JK, Wagstaff RS, Palmer TM. and Hansen LD, In-office vital tooth bleaching - what do lights add?. *Compend Contin Educ Dent.* 2003; 24: 340–35
Hosoya N, Honda K, Iino F, Arai T. Changes in enamel

surface roughness and adhesion of Streptococcus mutans to enamel after vital bleaching. J Dent. 2003; 31: 543-8.

Kawamoto K, Tsujimoto Y. Effect of the hydroxyl radical and hydrogen peroxide on tooth bleaching. J Endod. 2004; 30: 45-50.

Kwon YH, Huo MS, Kim KH, Kim SK, Kim YJ. Effects of hydrogen peroxide on the light reflectance and morphology of bovine enamel. J Oral Rehabil. 2002; 29: 473-7.

McCracken, M.S.; Haywood, V.B. Effects of 10% carbamide peroxide on the surface hardness of enamel. Quintessence Int. 1995; 26: 21-24.

Potocnik I, Kosec L, Gaspersic D. Effect of 10% carbamide peroxide bleaching gel on enamel microhardness, microstructure, and mineral content. J Endod. 2000; 26: 203-6.

Rodrigues JA, Basting RT, Serra MC, Rodrigues Jr AL. Effects of 10% carbamide peroxide bleaching materials on enamel microhardness. Am J Dent. 2001; 14: 67-71.

Shinoara MS, Rodrigues JA, Pimenta LA. In vitro microleakage of composite restorations after nonvital bleaching. Quintessence Int. 2001; 32: 413-7.

Soldani P, Amaral CM, Rodrigues JA. Microhardness evaluation of in situ vital bleaching and thickening agents on human dental enamel. Int J Periodontics Restorative Dent. 2010; 30: 203-11.

Spalding M, Taveira LAA, Assis GF. Scanning electron microscopy study of dental enamel surface exposed to 35% hydrogen peroxide: alone, with saliva, and with 10% carbamide peroxide. J Esthet Restor Dent 2003; 15: 154-65.

Suliaman MA. An overview of tooth-bleaching techniques: chemistry, safety and efficacy. Periodontol. 2008; 48: 148-69.

Swift EJ. Restorative consideration with vital tooth bleaching. J Am Dent Assoc. 1997; 128: 60-4.

Turker SB, Biskin T. The effect of bleaching agents on the microhardness of dental aesthetic restorative materials. J Oral Rehabil. 2002; 29: 657-6.

Ushigome T, Takemoto S, Hattori M, Yoshinari M, Kawada E, Oda Y. Influence of peroxide treatment on bovine enamel surface-cross-sectional analysis. Dent Mater J. 2009; 28: 315-23.

Yap AU, Wattanapayungkul P. Effects of in-office tooth whiteners on hardness of tooth-colored restoratives. Oper Dent. 2002; 27: 137-41.

RECIBIDO 17-02-2013

ACEPTADO 09-03-2013