



## TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

# INFLUENCIA DEL LÁSER ND:YAG EN LA FUERZA DE UNIÓN EN DENTINA DESPROTEINIZADA. INFLUENCE OF ND:YAG LASER ON THE BOND STRENGTH IN DEPROTEINIZED DENTIN.

Silva, TM.<sup>1</sup>, Guerriero, GG.<sup>2</sup>, Camargo, TBC.<sup>3</sup>, Gonçalves, LL.<sup>4</sup>, Silva-Junior, JP.<sup>5</sup>, Mendonça, RP.<sup>6</sup>, Gonçalves, SEP.<sup>7</sup>.

1. DDS, MD, PhD, Profesora Asistente, Departamento de Odontología Restauradora, Universidad de Taubaté, São Paulo, Brasil.
2. DDS, Departamento de Odontología Restauradora, Instituto de Ciencia y Tecnología de São José dos Campos, Universidad del Estado de São Paulo (Unesp); São José dos Campos, São Paulo, Brasil.
3. DDS, Departamento de Odontología Restauradora, Instituto de Ciencia y Tecnología de São José dos Campos, Universidad del Estado de São Paulo (Unesp); São José dos Campos, São Paulo, Brasil.
4. DDS, MD, PhD, Departamento de Odontología Restauradora, Instituto de Ciencia y Tecnología de São José dos Campos, Universidad del Estado de São Paulo (Unesp); São José dos Campos, São Paulo, Brasil.
5. DDS, MD, Departamento de Odontología Restauradora, Instituto de Ciencia y Tecnología de São José dos Campos, Universidad del Estado de São Paulo (Unesp); São José dos Campos, São Paulo, Brasil.
6. DDS, MD, estudiante de doctorado, Departamento de Odontología Restauradora, Instituto de Ciencia y Tecnología de São José dos Campos, Universidad del Estado de São Paulo (Unesp); São José dos Campos, São Paulo, Brasil.
7. DDS, MD, PhD, Profesor Titular, Departamento de Odontología Restauradora, Instituto de Ciencia y Tecnología de São José dos Campos, Universidad del Estado de São Paulo (Unesp), São Paulo, Brasil.

Volumen 12.  
Número 3.

Septiembre - Diciembre 2023

Recibido: 27 noviembre 2022

Aceptado: 05 febrero 2023

## RESUMEN

**Objetivo:** El estudio tuvo como objetivo evaluar la fuerza de unión y la interfase adhesiva después de la irradiación con láser Nd:YAG en la superficie de dentina desproteínizada con NaOCl al 10%.

**Material y Métodos:** Cuarenta y ocho coronas bovinas sanas fueron embebidas en resina acrílica y talladas en la superficie vestibular para exponer un área plana de la dentina, que luego fueron sujetas a diferentes protocolos adhesivos. Las muestras se dividieron aleatoriamente en 4 grupos (n=12), según la estrategia adhesiva utilizada: C – control (sin tratamiento); L – Sistema adhesivo + irradiación láser Nd:YAG (1064 nm; 60 mJ; 10 Hz; 48 J/cm<sup>2</sup>; sin contacto; 60 s); DL – 10% NaOCl + Sistema adhesivo + Irradiación láser Nd:YAG. Se construyó un bloque de resina compuesta (Filtek Z350; 3M/ESPE) sobre el área irradiada. Después de 48 h de almacenamiento en agua desionizada, las muestras fueron seccionadas y sometidas a prueba de microtracción (celda de carga de 10 kgf, 0,5 mm/min). La interfase adhesiva se evaluó mediante microscopía electrónica de barrido (MEB). Los datos fueron analizados por ANOVA unidireccional y pruebas de Tukey (5%). **Resultados:** ANOVA no reveló diferencias significativas (p>0,085) en la fuerza de unión para los grupos evaluados. **Conclusiones:** Los pretratamientos de dentina no interfieren en la fuerza de unión inmediata.

**Palabras Clave:** Adhesión. Dentina. Hipoclorito. Láser Nd:YAG.

## ABSTRACT

**Objective:** The study aimed to evaluate the bond strength and the adhesive interface after Nd:YAG laser irradiation on the deproteinized dentin surface with 10% NaOCl. **Material and Methods:** Forty-eight sound bovine crowns were embedded in acrylic resin and ground on the vestibular surface to expose a flat area of the dentin, which were then subjected to different adhesive protocols. The samples were randomly divided into 4 groups (n=12), according to the adhesive strategy used: C – control (no treatment); L – Adhesive system + Nd:YAG laser irradiation (1064 nm; 60 mJ; 10 Hz; 48 J/cm<sup>2</sup>; non-contact; 60 s); DL – 10% NaOCl + Adhesive system + Nd:YAG laser irradiation. A composite resin block (Filtek Z350; 3M/ESPE) was built up onto the irradiated area. After 48 h stored in deionized water, the samples were sectioned and submitted to microtensile test (10 kgf load cell, 0.5mm/min). The adhesive interface was evaluated by scanning electron microscopy (SEM). Data were analyzed by one-way ANOVA and Tukey tests (5%). **Results:** ANOVA revealed no significant differences (p>0.085) in the bond strength for the evaluated groups. **Conclusions:** The dentin pre-treatments do not interfere in immediate bond strength.

**Key Words:** Adhesion. Dentin. Hypochlorite. Nd:YAG laser.



## INTRODUCCIÓN

La adhesión sigue siendo uno de los temas principales en la investigación dental. En todo el mundo, los investigadores todavía están buscando tratamientos y materiales que puedan promover una mayor longevidad adhesiva, especialmente en la dentina (Meerbeek & Landuyt, 2020; Perdigão, 2020). Aunque la adhesión inmediata de los sistemas adhesivos contemporáneos parece ser efectiva (GASTON et al., 2001), a largo plazo la unión sufre una reducción significativa de fuerza (Esteves et al., 2022; Hashimoto et al., 2003). Esto se debe a las características hidrofílicas de los monómeros de resina y características del sustrato, entre las que se destaca la permeabilidad de la dentina (Cruz et al., 2021; Pashley & Carvalho, 1997).

La hibridación dentinaria se logra a través del grabado ácido parcial o total, que promueve la remoción de minerales y expone las fibras de colágeno de la matriz dentinaria que serán infiltradas por los monómeros adhesivos, formando una unión intrínseca entre los polímeros y la matriz de colágeno (Nakabayashi & Pashley, 1998). La capa híbrida se considera el principal mecanismo de retención de los sistemas adhesivos actuales (Marimoto et al., 2013; Meerbeek & Landuyt, 2020; Perdigão et al., 2021; Spencer et al., 2012). Aunque también representa su eslabón más débil, ya que esta capa puede sufrir una degradación longitudinal tanto por acción hidrolítica exógena como endógena (MMP y cisteína-catepsinas) (Breschi et al., 2018; Erhardt et al., 2008; Pashley et al., 2004). ; Silva et al., 2022).

Se han estudiado alternativas para mejorar el patrón de adhesión, como la irradiación láser (CO<sub>2</sub> y Nd:YAG) y tratamientos para el colágeno expuesto y desprotegido por el sistema adhesivo (Gan et al., 2017; Goncalves et al., 1999; Marimoto et al., 2013). Los primeros usos de los láseres CO<sub>2</sub> y neodimio se realizaron antes de la aplicación del sistema adhesivo. En cuanto a la energía empleada, estos láseres pueden modificar la superficie dentinaria, favoreciendo el sellado de los túbulos dentinarios y la formación de proyecciones fungiformes que favorecen la adhesión mecánica o incluso la vitrificación dentinaria. Sin embargo, estudios previos han observado una reducción en la fuerza adhesiva, ya que la irradiación provoca la desnaturalización de los componentes orgánicos y la obliteración de los túbulos dentinarios por fusión y solidificación del contenido inorgánico (Baraba et al., 2013; Goncalves et al., 1999; Matos et al., 1999; Mohsen & Shabka, 1993; Visuri et al., 1996; Yazici et al., 2009).

Teniendo en cuenta estas observaciones anteriores, Gonçalves et al. 1999 (Goncalves et al., 1999) aplicaron láser Nd:YLF en una dentina grabada e impregnada con adhesivo y, como resultado, observaron un aumento significativo en la fuerza de unión por resolidificación de la dentina en presencia de monómeros adhesivos. Esta técnica fue nominada Laser Bonding Technique (LBT) por los autores. Y otros estudios mostraron resultados satisfactorios en relación con este protocolo adhesivo (D. Barcellos et al., 2015; Franke et al.,

2006; Marimoto et al., 2013; Matos et al., 1999; Silva et al., 2016).

Además, es bien conocido que la matriz de colágeno que no está suficientemente soportada colapsa y dificulta la correcta infiltración del sistema adhesivo. Por lo tanto, algunos estudios han sugerido la desprotección, que es un proceso de eliminación de la matriz de colágeno desnaturalizada por agentes proteolíticos como el hipoclorito de sodio, podría tener efectos promotores sobre la adhesión del sustrato. Mediante la aplicación de NaOCl sobre la dentina se observó la formación de proyecciones de resina, mejor sellado de los túbulos y reducción de la hipersensibilidad y permeabilidad (Abuhaimed & Abou Neel, 2017; Esteves et al., 2016; Prati et al., 1999; SANON et al. al., 2022).

El objetivo de este estudio fue evaluar la fuerza de unión y la interfase adhesiva bajo irradiación láser Nd:YAG en la superficie de dentina desproteccionada con NaOCl al 10%. La hipótesis nula fue que el láser Nd:YAG sobre sustrato desproteccionado no influye en la resistencia adhesiva y la calidad de la capa híbrida.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio fue aprobado por la Junta de Revisión Institucional local (Protocolo número 12/2018). Cuarenta y ocho incisivos bovinos fueron limpiados y almacenados en una solución salina de timol al 0,1%, en un congelador a -18°C. Las raíces se seccionaron con sierra de diamante de baja velocidad a 2 mm de la unión cemento-esmalte. La pulpa se eliminó utilizando instrumentos de endodoncia. Se hizo una abertura en la superficie lingual de cada incisivo para conseguir la exposición de la cámara pulpar. Los especímenes de dentina se estandarizaron a un espesor de aproximadamente 2 mm, medido con calibradores (Otto-Arminger & Cia Ltda., RS, Brasil).

Las muestras de las coronas se montaron en una matriz de silicona con resina acrílica autopolimerizable, manteniendo su superficie bucal por encima de la superficie de los bloques montados. Después de la polimerización, las muestras se retiraron de la matriz de silicona. La superficie bucal fue tratada en un dispositivo de pulido con papel de lija de grano 80, enfriando con agua, hasta que la dentina quedó expuesta. Después de esto, la superficie de la dentina se volvió a lijar con papel de carburo de silicio de grano 600, bajo presión constante durante 1 min, para obtener un smear layer uniforme.

## TRATAMIENTO DE SUPERFICIES

Los dientes se dividieron aleatoriamente en cuatro grupos experimentales (n=12), según el tratamiento superficial realizado, de la siguiente manera:

- **Grupo C:** Grupo de Control. No se realizó ningún tratamiento adicional en la superficie de los dientes. Las superficies fueron grabadas con ácido fosfórico al 37% (Condac 37, FGM, Joinville, SC, Brasil) durante 15 s, enjuagadas y secadas con aire a presión



(10 s) para eliminar el exceso de agua. Se aplicó el sistema adhesivo (FuturaBond, VOCO), se secó suavemente con aire durante 10 s y se fotopolimerizó (1200 mW/cm<sup>2</sup>; LED Light Curing System, Demi Plus, Kerr Corporation, Middleton, WI, EE. UU.), durante 20 s.

• **Grupo L:** Sistema adhesivo + irradiación láser Nd:YAG. Las superficies fueron grabadas con ácido fosfórico al 37% (Condac 37, FGM, Joinville, SC, Brasil) durante 15 s, enjuagadas y secadas con aire a presión (10 s) para eliminar el exceso de agua. Se aplicó el sistema adhesivo (FuturaBond, VOCO), se secó suavemente con aire durante 10 s. Antes del fotocurado, las muestras fueron irradiadas con láser Nd:YAG, con 60 mJ de energía láser, siendo 48 J/cm<sup>2</sup> de densidad de energía (Lopes et al., 2022). El sistema adhesivo se fotopolimerizó durante 20 s, después de la irradiación con láser.

• **Grupo D:** 10% NaOCl + Sistema Adhesivo. Las superficies fueron grabadas con ácido fosfórico al 37% (Condac 37, FGM, Joinville, SC, Brasil) durante 15 s, enjuagadas y secadas con aire con presión (10 s) para eliminar el exceso de agua. En secuencia, se esparció suavemente NaOCl al 10 % sobre toda la superficie de la dentina usando un microcepillo desechable (FGM) durante 1 min, se enjuagó con 5 ml de agua desionizada (Daven, 2010). A continuación, se aplicó el sistema adhesivo (FuturaBond, VOCO), según las instrucciones del fabricante, seguido de una fotopolimerización de 20 s.

• **Grupo DL:** 10% NaOCl + Sistema Adhesivo + Irradiación láser Nd:YAG. Las muestras fueron grabadas con ácido fosfórico al 37% (Condac 37, FGM, Joinville, SC, Brasil), mediante la técnica de grabado total, durante 15 s, enjuagadas y secadas brevemente. En secuencia, se extendió suavemente NaOCl al 10 % sobre toda la superficie de la dentina con un microcepillo desechable (FGM) durante 1 min, se enjuagó con agua desionizada y se aplicó el sistema adhesivo (FuturaBond, VOCO). Antes de la fotopolimerización, las muestras se irradiaron con láser Nd:YAG (60 mJ/pulso). El sistema adhesivo se fotopolimerizó durante 20 s, después de la irradiación con láser.

Las superficies de las muestras sometidas a irradiación láser fueron irradiadas con láser Nd:YAG (Pulse Master 600 IQ; American Dental Technologies, EE. UU.), a una longitud de onda de 1064 nm, fibra óptica de 400 μm de diámetro, una frecuencia de 10 Hz 10 pulsos/segundos, utilizando 60 mJ/pulso de energía. La irradiación láser se realizó en un modo sin contacto y exploración de la superficie durante 60 s, con la punta de la fibra posicionada perpendicularmente a la superficie de la muestra, a una distancia de 1 mm, sostenida por un dispositivo de resina acrílica.

Después de los procedimientos adhesivos, se construyeron bloques de resina compuesta (4 mm de altura y 4 mm de diámetro) sobre la superficie de la dentina. La resina compuesta (Z350XT, 3M ESPE, MN, EE. UU.) se insertó en incrementos de 2 mm, y cada incremento fue fotopolimerizado. (Demi Plus, Kerr Corporation, Middleton, WI, EE. UU.; 1200 mW/cm<sup>2</sup>) durante 20 s. Todas

las muestras se almacenaron en agua desionizada a 37 °C durante 48 h.

### Fuerza de unión a la microtracción

Después de 48 h, las muestras se seccionaron en barras de resina-dentina (aproximadamente 1 mm<sup>2</sup> de área) adecuadas para la prueba de fuerza de unión a la microtracción (Sano et al., 1994). Las secciones se realizaron a baja velocidad con refrigeración por agua para evitar la inducción de tensiones en la interfase.

La prueba de resistencia de la unión a la microtracción se realizó en una máquina de prueba universal (EMIC DL-1000, Equipamentos e Sistemas Ltda., São José dos Pinhais, PR, Brasil) a una velocidad de cruceta de 0,5 mm/min utilizando una celda de carga de 10 kgf, en de acuerdo con la Norma ISO 11405:1994. Los datos de fuerza de unión obtenidos se expresaron en megapascales (MPa).

Después de la prueba de resistencia de la unión a la microtracción, las muestras se analizaron con un microscopio estereoscópico con un aumento de 20x. Las fallas se clasificaron como cohesivas en resina, cohesivas en dentina, adhesivas en la interfase o mixtas.

### Microscopía electrónica de barrido (MEB)

Se prepararon dos muestras de cada grupo y se evaluaron con MEB. Después de los tratamientos y procedimientos de restauración, las muestras se seccionaron perpendicularmente a la interfase de unión. Cada espécimen tenía su interfase pulida con discos abrasivos de óxido de aluminio de grano 1200, 2400 y 4000 (Extex Corp., CT, EE. UU.) en un dispositivo de pulido, bajo enfriamiento con agua. Se aplicó ácido fosfórico sin sílice (Ataque Gel 38%, Biodinâmica Química e Farmacêutica LTDA, Ibioporã, PR, Brasil) grabador por 15 s y enjuagado por 10 s (Fonseca et al., 2017; Marimoto et al., 2013), promoviendo la eliminación del smear layer y facilitar la visualización de la interfaz adhesiva en MEB. Los especímenes fueron deshidratados en campanas de vidrio con sílice durante siete días, montados sobre stubs (placas) de aluminio y depositados en alto vacío. La interfase de unión se examinó mediante MEB (Inspect S50, FEI, Hillsboro, Oregón, EE. UU.), con una potencia de 20 KV y un aumento de 2000x.

## RESULTADOS

De acuerdo con el ANOVA de una vía, no hubo un efecto estadísticamente significativo en los valores de fuerza de unión ( $p=0,0856 > 0,05$ ). Los valores medios de fuerza de unión y los resultados de la prueba de Tukey se muestran en la Tabla 1.

La figura 1 ilustra el MEB de la interfase unida en cada tratamiento de superficie. El grupo control (Figura 1A) mostró la capa híbrida con algunas proyecciones de resina. En el grupo NaOCl (Figura 1B), se puede observar un patrón diferente de formación de la capa híbrida y proyecciones de resina. En el grupo Láser +



NaOCl (Figura 1C), hay una fusión entre el adhesivo y la dentina, formando una capa híbrida robusta con numerosas proyecciones de resina. Y en el grupo Láser (Figura 1D), una característica de la superficie dentinaria por irradiación Nd:YAG con presencia de proyecciones de resina más gruesas.

Tratamientos	Media (± DS)
Control (C)	19.42 (± 4.11) A
Laser (L)	20.14 (± 4.11) A
Laser+ NaOCl (DL)	15.42 (± 2.84) A
NaOCl (D)	18.26 (± 3.79) A

Letras mayúsculas similares no muestran diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ).

TABLA 1. Media de valores (± desviación estándar) de la fuerza de unión (MPa) y los resultados de la prueba de Tukey.

## DISCUSIÓN

Según la literatura, la eliminación de las fibras de colágeno debajo de la dentina con un agente desproteinizante facilitaría la penetración del sistema adhesivo en el sustrato. Los resultados de los presentes estudios mostraron que el tratamiento de la superficie dentinaria con hipoclorito de sodio al 10% no mostró una mejora significativa en la adhesión en comparación con los tratamientos. Estos hallazgos corroboran estudios previos que mostraron que la aplicación de hipoclorito de sodio al 10 % no redujo la microfiltración marginal frente a los procedimientos de restauración (Ferreira et al., 2015) pudiendo mejorar la longevidad de la unión (Pucci et al., 2016). Sin embargo, según Sauro et al. (2009) la efectividad de la remoción de colágeno puede estar relacionada con el vehículo utilizado para liberar NaOCl (gel o solución), con el cloruro activo presente en la solución y con el tipo de sustrato (profundidad y contenido orgánico de la dentina) (Abuhaimed & Abou Neel, 2017; Sauro et al., 2009).

En cuanto al uso de láser de alta intensidad en el tratamiento adhesivo, Dayem et al. (2010) sugirieron que el láser Nd:YAG también participaría en la desproteización del sustrato dentinario (Dayem, 2010). Potencialmente, el calor promovido durante la irradiación con láser conduciría a la desorganización y/o desnaturalización de los componentes orgánicos restantes de la dentina. Dependiendo de la energía empleada se puede alterar la estructura física de la dentina, favoreciendo así el sellado de los túbulos dentinarios y la formación de proyecciones por la vitrificación de la dentina. Los tratamientos para reducir la permeabilidad de

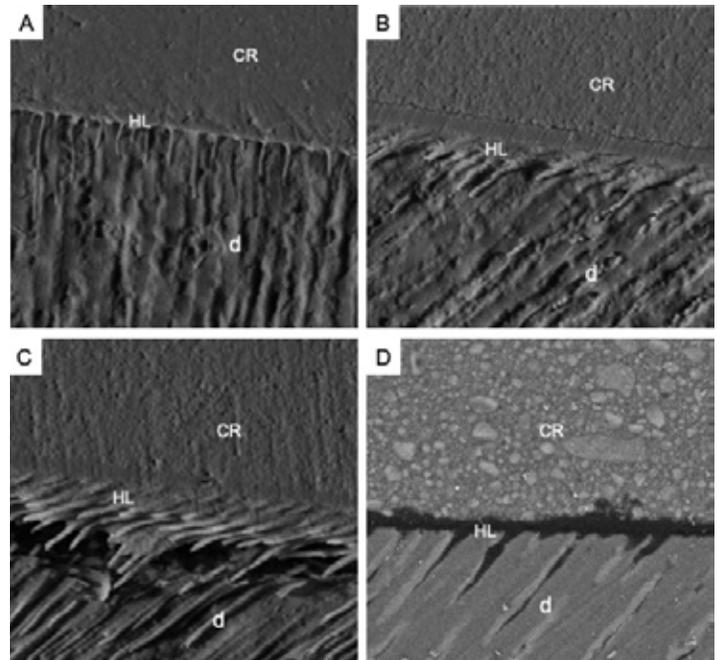


FIGURA 1. Análisis MEB (2000x) de la interface adhesiva: (A) grupo control; (B) grupo NaOCl; (C) Grupo láser + NaOCl; (D) grupo láser; (CR) resina compuesta; (d) dentina; (HL) capa híbrida.

la dentina fueron más efectivos cuando se combinaron con la aplicación del láser Nd:YAG (Esteves et al., 2016). En el estudio, el grupo desproteinizado asociado al láser Nd:YAG mostró estabilidad longitudinal en comparación con los otros tratamientos, incluso después del desafío erosivo-abrasivo.

Las primeras aplicaciones del láser Nd:YAG sobre dentina en procedimientos adhesivos se realizaron antes de la aplicación del sistema adhesivo. La mayoría de los estudios mostraron una reducción en la fuerza de unión del adhesivo. Este hecho se debe a la obliteración de los túbulos por fusión y resolidificación de la dentina lo que impide la adecuada infiltración del sistema adhesivo. En este sentido, en este estudio la técnica desarrollada por Gonçalves et al. (Goncalves et al., 1999) basados en la irradiación con láser de neodimio sobre dentina impregnada con adhesivo no polimerizado (Laser Bonding Technique-LBT). Esta técnica es capaz de promover la fusión en presencia de monómeros resinosos lo que da como resultado el aumento de la fuerza adhesiva. Con base en esta metodología, varios estudios previos mostraron resultados satisfactorios con relación a esta técnica adhesiva (Barcellos et al., 2015; Barcellos et al., 2016; Franke et al., 2006; Marimoto et al., 2013; Matos et al., 1999; Santis et al., 2017; Silva et al., 2016). Sin embargo, los resultados positivos están asociados a los parámetros del láser según estudios previos (Haddad et al., 2020; Santis et al., 2017; Silva et al., 2016). El resultado del presente estudio no corrobora estos hallazgos, probablemente debido al parámetro seleccionado (60 mJ). Este parámetro fue seleccionado porque mostró el menor aumento de temperatura en estudios previos (Santis et al., 2017; Silva et al.,



2016). Sin embargo, este parámetro podría estar considerando una limitación del estudio en cuanto a la resistencia adhesiva.

Se han estudiado nuevas alternativas para mejorar los patrones de unión entre el material y el tejido dental. Según Esteves et al. (Esteves et al., 2016), el tratamiento más efectivo para la permeabilidad dentinaria se observó en el grupo experimental de irradiación láser asociada al protocolo de desproteización con NaOCl al 10%. Por lo tanto, el presente estudio tuvo como objetivo verificar la efectividad de este grupo experimental frente a la resistencia de la unión adhesiva. Los resultados obtenidos no mostraron diferencias estadísticamente significativas para este grupo.

El análisis de desproteización dentinaria con la aplicación de NaOCl al 10% sin la asociación de irradiación láser presentó el mismo comportamiento, con medias cercanas al grupo control. Cabe mencionar que la aplicación del desproteizante sobre la superficie dentinaria se realizó de forma activa durante 1 minuto, lo que pudo haber afectado el desempeño. Un estudio previo demostró que 2 minutos de tratamiento con NaOCl al 5% afecta directamente la organización del colágeno y los glicosaminoglicanos (GAG) en la dentina extracelular desmineralizada de la matriz. Los autores demostraron que la eficacia del NaOCl para eliminar la red de colágeno depende del tiempo (OYARZUN et al., 2002).

El análisis MEB mostró la correcta formación de la capa híbrida para todos los grupos analizados con algunas diferencias solo en términos de calidad, espesor de la capa y formación de proyecciones de resina. Sin embargo, la fuerza adhesiva no está directamente relacionada con la formación y presencia de proyecciones o el espesor de la capa híbrida. A pesar de que el espesor de la capa híbrida no cambia su módulo de elasticidad, aumenta la resiliencia de dicha capa. Es decir, esta capa puede compensar el estrés de polimerización de la resina compuesta (Loguercio et al., 2006). Dentro de las limitaciones de estudio de este estudio, es posible decir que todos los tratamientos de superficie de dentina fueron capaces de promover la formación de la interfase adhesiva, pero con diferentes patrones debido a la interacción entre el agente desproteizante y el láser Nd:YAG.

Aún son necesarios estudios in vitro para observar el comportamiento longitudinal de la interfase adhesiva, en cuanto a los agentes desproteizantes asociados a la irradiación con Nd:YAG, otros parámetros así como los tiempos de aplicación durante los procedimientos restaurativos.

## CONCLUSIÓN

Los pretratamientos de dentina evaluados (Láser, NaOCl y NaOCl+Láser) no interfieren en la fuerza de unión inmediata.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a CAPES/CNPq/PIBIC por el apoyo financiero.



## REFERENCIAS

1. Abuhaimeed, T. S., & Abou Neel, E. A. (2017). Sodium Hypochlorite Irrigation and Its Effect on Bond Strength to Dentin. *BioMed Research International*, 2017, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2017/1930360>
2. Baraba, A., Dukić, W., Chieffi, N., Ferrari, M., Anić, I., & Miletić, I. (2013). Influence of Different Pulse Durations of Er:YAG Laser Based on Variable Square Pulse Technology on Microtensile Bond Strength of a Self-Etch Adhesive to Dentin. *Photomedicine and Laser Surgery*, 31(3), 116–124. <https://doi.org/10.1089/pho.2012.3286>
3. Barcellos, D., Batista, G., Pucci, C., Persici, E., Borges, A., Torres, C., Fonseca, B., & Gonçalves, S. (2015). Longitudinal Evaluation of Bond Strength to Enamel of Dental Adhesive Systems Associated with Nd:YAG Laser. *Operative Dentistry*, 40(3), E122–E131. <https://doi.org/10.2341/13-181-L>
4. Barcellos, D. C., Batista, G. R., Persici, E. de S., Pucci, C. R., Huhtala, M. F. R., Lima, & Gonçalves, S. E. P. (2016). Can Nd:YAG laser irradiated on dentin with non-polymerized adhesives influence the durability of bond strength and micromorfology of hybrid layer? *Brazilian Dental Science*, 19(1), 23–33. <https://doi.org/10.14295/bds.2016.v19i1.1173>
5. Breschi, L., Maravic, T., Cunha, S. R., Comba, A., Cadenaro, M., Tjäderhane, L., Pashley, D. H., Tay, F. R., & Mazzoni, A. (2018). Dentin bonding systems: From dentin collagen structure to bond preservation and clinical applications. *Dental Materials*, 34(1), 78–96. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2017.11.005>
6. Cruz, J., Silva, A., Eira, R., Sousa, B., Lopes, M., & Cavaleiro, A. (2021). Dentin Permeability and Nanoleakage of Universal Adhesives in Etch-and-rinse vs Self-etch Modes. *Operative Dentistry*, 46(3), 293–305. <https://doi.org/10.2341/19-276-L>
7. Dayem, R. N. (2010). Assessment of the penetration depth of dental adhesives through deproteinized acid-etched dentin using neodymium:yttrium–aluminum–garnet laser and sodium hypochlorite. *Lasers in Medical Science*, 25(1), 17–24. <https://doi.org/10.1007/s10103-008-0589-4>
8. Erhardt, M. C. G., Osorio, R., & Toledano, M. (2008). Dentin treatment with MMPs inhibitors does not alter bond strengths to caries-affected dentin. *Journal of Dentistry*, 36(12), 1068–1073. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2008.09.002>
9. Esteves, S. R. M. S., Barcellos, D. C., Silva, T. M. da, Silva, M. R., Campos, T. M. B., Rosetti, E. P., Pucci, C. R., & Gonçalves, S. E. de P. (2022). How Water Content Can Influence the Chemomechanical Properties and Physical Degradation under Aging of Experimental Adhesives. *International Journal of Dentistry*, 2022, 1–10. <https://doi.org/10.1155/2022/5771341>
10. Esteves, S. R. M. S., Huhtala, M. F. R. L., Gomes, A. P. M., Ye, Q., Spencer, P., & de Paiva Gonçalves, S. E. (2016). Longitudinal Effect of Surface Treatments Modified by NaOCl-Induced Deproteinization and Nd:YAG Laser on Dentin Permeability. *Photomedicine and Laser Surgery*, 34(2), 68–75. <https://doi.org/10.1089/pho.2015.3977>
11. Ferreira, M. B. de C., Carlini Júnior, B., Galafassi, D., & Gobbi, D. L. (2015). Calcium hypochlorite as a dentin deproteinization agent: Microleakage, scanning electron microscopy and elemental analysis. *Microscopy Research and Technique*, 78(8), 676–681. <https://doi.org/10.1002/jemt.22524>
12. Fonseca, B. M., Barcellos, D. C., Pucci, C. R., Bresciani, E., & Araújo, M. A. M. de. (2017). Influence of chlorhexidine on longitudinal bond strength to dentin: in vitro study. *Brazilian Dental Science*, 20(1), 17–24. <https://doi.org/10.14295/bds.2017.v20i1.1315>
13. Franke, M., Taylor, A. W., Lago, A., & Fredel, M. C. (2006). Influence of Nd:YAG Laser Irradiation on an Adhesive Restorative Procedure. *Operative Dentistry*, 31(5), 604–609. <https://doi.org/10.2341/05-110>
14. Gan, J., Liu, S., Zhou, L., Wang, Y., Guo, J., & Huang, C. (2017). Effect of Nd:YAG Laser Irradiation Pretreatment on the Long-Term Bond Strength of Etch-and-Rinse Adhesive to Dentin. *Operative Dentistry*, 42(1), 62–72. <https://doi.org/10.2341/15-268-L>
15. Gaston, B., West, L., Liewehr, F., Fernandes, C., & Pashley, D. (2001). Evaluation of Regional Bond Strength of Resin Cement to Endodontic Surfaces. *Journal of Endodontics*, 27(5), 321–324. <https://doi.org/10.1097/00004770-200105000-00001>
16. Goncalves, S. E., de Araujo, M. A., & Damiao, A. J. (1999). Dentin bond strength: influence of laser irradiation, acid etching, and hypermineralization. *Journal of Clinical Laser Medicine & Surgery*, 17(2), 77–85.
17. Haddad, B. D. A., da SILVA, T. M., Gonçalves, L. L., Silva, M. R., Junior, C. M., de SANTIS, L. R., & Gonçalves, S. E. P. (2020). Analysis of adhesive bond strength under simulated pulpal pressure during laser irradiation on different dentin thicknesses. *Brazilian Dental Science*, 23(1). <https://doi.org/10.14295/bds.2020.v23i1.1858>
18. Hashimoto, M., Ohno, H., Sano, H., Kaga, M., & Oguchi, H. (2003). In vitro degradation of resin-dentin bonds analyzed by microtensile bond test, scanning and transmission electron microscopy. *Biomaterials*, 24(21), 3795–3803. [https://doi.org/10.1016/S0142-9612\(03\)00262-X](https://doi.org/10.1016/S0142-9612(03)00262-X)
19. Loguercio, A. D., Reis, A., Bortoli, G., Patzlaft, R., Kenshima, S., Rodrigues Filho, L. E., Accorinte, M. de L. R., & van Dijken, J. W. V. (2006). Influence of adhesive systems on interfacial dentin gap formation in vitro. *Operative Dentistry*, 31(4), 431–441. <https://doi.org/10.2341/05-53>
20. Lopes, S. R., da Silva, T. M., Maselli, A., Gonçalves, L. L., Campos, T. M. B., & Gonçalves, S. E. de P. (2022). Chemical and morphological analysis of dentin collagen degradation after Nd:YAG laser irradiation. *Lasers in Dental Science*. <https://doi.org/10.1007/s41547-022-00149-y>
21. Marimoto, A., Cunha, L., Yui, K., Huhtala, M., Barcellos, D., Prakki, A., & Gonçalves, S. (2013). Influence of Nd:YAG Laser on the Bond Strength of Self-etching and Conventional Adhesive Systems to Dental Hard Tissues. *Operative Dentistry*, 38(4), 447–455. <https://doi.org/10.2341/11-383-L>
22. Matos, A. B., Oliveira, D. C., Kuramoto, M., Eduardo, C. P., & Matson, E. (1999). Nd:YAG laser influence on sound dentin bond strength. *Journal of Clinical Laser Medicine & Surgery*, 17(4), 165–169. <https://doi.org/10.1089/clm.1999.17.165>
23. Meerbeek, B. van, & Landuyt, K. van. (2020). From Buonocore's Pioneering Acid-Etch Technique to Self-Adhering Restoratives. A Status Perspective of. *Journal of Adhesive Dentistry*, 22, 7–34.
24. Mohsen, M. M., & Shabka, A. A. (1993). Dentine roughness after different surface treatments. *Egyptian Dental Journal*, 39(1), 363–366. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8299536>
25. Nakabayashi, N., & Pashley, D. H. (1998). Hybridization of dental hard tissues. Quintessence Pub. Co.
26. Oyarzun, A., Cordero, A., & Whittle, M. (2002). Immunohistochemical Evaluation of the Effects of Sodium Hypochlorite on Dentin Collagen and Glycosaminoglycans. *Journal of Endodontics*, 28(3), 152–156. <https://doi.org/10.1097/00004770-200203000-00002>
27. Pashley, D. H., & Carvalho, R. M. (1997). Dentine permeability and dentine adhesion. *Journal of Dentistry*, 25(5), 355–372. [https://doi.org/10.1016/S0300-5712\(96\)00057-7](https://doi.org/10.1016/S0300-5712(96)00057-7)
28. Pashley, D. H., Tay, F. R., Yiu, C., Hashimoto, M., Breschi, L., Carvalho, R. M., & Ito, S. (2004). Collagen Degradation by Host-



derived Enzymes during Aging. *Journal of Dental Research*, 83(3), 216–221. <https://doi.org/10.1177/154405910408300306>

**29.** Perdigão, J. (2020). Current perspectives on dental adhesion: (1) Dentin adhesion – not there yet. *Japanese Dental Science Review*, 56(1), 190–207. <https://doi.org/10.1016/j.jdsr.2020.08.004>

**30.** Perdigão, J., Araujo, E., Ramos, R. Q., Gomes, G., & Pizzolotto, L. (2021). Adhesive dentistry: Current concepts and clinical considerations. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 33(1), 51–68. <https://doi.org/10.1111/jerd.12692>

**31.** Prati, C., Chersoni, S., & Pashley, D. H. (1999). Effect of removal of surface collagen fibrils on resin-dentin bonding. *Dental Materials : Official Publication of the Academy of Dental Materials*, 15(5), 323–331. [https://doi.org/10.1016/s0109-5641\(99\)00052-4](https://doi.org/10.1016/s0109-5641(99)00052-4)

**32.** Pucci, C. R., Barbosa, N. R., Bresciani, E., Yui, K. C., Huhtala, M. F. R., Barcellos, D. C., & Torres, C. R. (2016). Influence of Dentin Deproteinization on Bonding Degradation: 1-year Results. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, 17(12), 985–989. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27965484>

**33.** Sano, H., Shono, T., Sonoda, H., Takatsu, T., Ciocchi, B., Carvalho, R., & Pashley, D. H. (1994). Relationship between surface area for adhesion and tensile bond strength — Evaluation of a micro-tensile bond test. *Dental Materials*, 10(4), 236–240. [https://doi.org/10.1016/0109-5641\(94\)90067-1](https://doi.org/10.1016/0109-5641(94)90067-1)

**34.** Sanon, K., Hatayama, T., Tichy, A., Thanatvarakorn, O., Prasansuttiporn, T., Wada, T., Ikeda, M., Hosaka, K., & Nakajima, M. (2022). Smear layer deproteinization with NaOCl and HOCl: Do application/wash-out times affect dentin bonding of one-step self-etch adhesives? *Dental Materials Journal*, 2021–2208. <https://doi.org/10.4012/dmj.2021-208>

**35.** Santis, L. R., Silva, T. M., Haddad, B. A., Gonçalves, L. L., & Gonçalves, S. E. P. (2017). Influence of dentin thickness on intrapulpal temperature under simulated pulpal pressure during Nd:YAG laser irradiation. *Lasers in Medical Science*, 32(1), 161–167. <https://doi.org/10.1007/s10103-016-2098-1>

**36.** Sauro, S., Mannocci, F., Tay, F. R., Pashley, D. H., Cook, R., Carpenter, G. H., & Watson, T. F. (2009). Deproteinization Effects of NaOCl on Acid-etched Dentin in Clinically-relevant vs Prolonged Periods of Application. A Confocal and Environmental Scanning Electron Microscopy Study. *Operative Dentistry*, 34(2), 166–173. <https://doi.org/10.2341/08-56>

**37.** Silva, T. M. da, Gonçalves, L. L., Pontes, S. O., Nunes e Reis, A. F., Mendonça, R. P. de, Silva, M. R., & Gonçalves, S. E. de P. (2022). Adhesive system properties and its behavior under simulated pulpal pressure in sound and caries-affected dentin and aging. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 116, 103139. <https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2022.103139>

**38.** Silva, T. M., Gonçalves, L. L., Fonseca, B. M., Esteves, S. R. M. S., Barcellos, D. C., Damião, A. J., & Gonçalves, S. E. P. (2016). Influence of Nd:YAG laser on intrapulpal temperature and bond strength of human dentin under simulated pulpal pressure. *Lasers in Medical Science*, 31(1), 49–56. <https://doi.org/10.1007/s10103-015-1827-1>

**39.** Spencer, P., Ye, Q., Park, J., Misra, A., Bohaty, B. S., Singh, V., Parthasarathy, R., Sene, F., Goncalves, S. E. P., & Laurence, J. (2012). Durable bonds at the adhesive/dentin interface: an impossible mission or simply a moving target? *Braz Dent Sci*, 15, 4–18.

**40.** Visuri, S. R., Gilbert, J. L., Wright, D. D., Wigdor, H. A., & Walsh, J. T. (1996). Shear strength of composite bonded to Er:YAG laser-prepared dentin. *Journal of Dental Research*, 75(1), 599–605. <https://doi.org/10.1177/00220345960750011401>

**41.** Yazici, A. R., Karaman, E., Ertan, A., Ozgunaltay, G., & Dayan-gac, B. (2009). Effect of different pretreatment methods on dentin bond strength of a one-step self-etch adhesive. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, 10(1), 41–48. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19142255>