

**UNIVERSIDADE PAULISTA - UNIP**

**DENTINA HUMANA IRRADIADA COM LASER  
DE TI: SAFIRA NO REGIME DE  
FEMTOSSEGUNDOS – RESISTÊNCIA  
ADESIVA À MICROTRAÇÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade Paulista – UNIP, para obtenção do título de Mestre em Odontologia.

**TARCISO PENHA JUNIOR**

São Paulo  
2018

**UNIVERSIDADE PAULISTA - UNIP**

**DENTINA HUMANA IRRADIADA COM LASER  
DE TI: SAFIRA NO REGIME DE  
FEMTOSSEGUNDOS – RESISTÊNCIA  
ADESIVA À MICROTRAÇÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade Paulista – UNIP, para obtenção do título de Mestre em Odontologia.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maristela Dutra-Correa.

**TARCISO PENHA JUNIOR**

São Paulo  
2018

Penha Junior, Tarciso.

Dentina humana irradiada com laser de Ti:Safira no regime de femtossegundos - resistência adesiva à microtração /

Tarciso Penha Junior. - 2018.

39 f. : il. + CD-ROM.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia, São Paulo, 2018.

Área de concentração: Clínicas odontológicas.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maristela Dutra-Corrêa.

1. Adesividade. 2. Dentina. 3. Laser Ti:Safira. 4. Femtossegundos. 5. Resistência adesiva à microtração. I. Dutra-Corrêa, Maristela (orientadora). II. Título.

Ficha elaborada pelo Bibliotecário Rodney Eloy CRB8-6450

TARCISO PENHA JÚNIOR

**DENTINA HUMANA IRRADIADA COM LASER DE TI:SAFIRA NO REGIME DE  
FEMTOSSEGUNDOS-RESISTÊNCIA ADESIVA À MICROTRAÇÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação  
em Odontologia da Universidade Paulista – UNIP, para  
obtenção do título de Mestre em Odontologia.

Aprovado em 08 de fevereiro de 2018.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Profa. Dra. Maristela Dutra-Correa  
UNIVERSIDADE PAULISTA – UNIP

---

Profa. Dra. Cintia Helena Coury Saraceni  
UNIVERSIDADE PAULISTA – UNIP

---

Prof. Dr. Ricardo Elgul Samad  
Centro de Lasers e Aplicações do IPEN-CNEN/SP.  
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares Comissão  
Nacional de Energia Nuclear (CNEN)

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a meus pais, família e amigos.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que me acompanham de alguma maneira,  
sempre aprendi com eles.

## AGRADECIMENTO ESPECIAL

**Apoio: CAPES Nº 1680064**



A persistência é o caminho do êxito.

“Charles Chaplin”



## RESUMO

O laser de alta potência tem sido utilizado em dentes humanos com a finalidade de remoção de cárie e adequação da superfície, criando condições promissoras para os procedimentos adesivos e restauradores. O objetivo do presente estudo foi avaliar se a irradiação da dentina com laser de Ti:Safira, no regime de femtosegundos (fs), previamente aos procedimentos adesivos, poderá contribuir para o aumento da resistência adesiva à microtração. Para os procedimentos adesivos, a porção oclusal dos dentes foi removida e a *smear layer*, padronizada. Foram utilizados 20 dentes humanos (3º molar) divididos em 4 grupos: GD1- Controle: procedimentos adesivos com adesivo *etch-rinse* (Scotchbond Multi-Purpose - SBMP); nos demais grupos a dentina foi irradiada previamente aos procedimentos adesivos, sendo: GD2- Laser (2 J/cm<sup>2</sup>); GD3- Laser (4 J/cm<sup>2</sup>); GD4- Laser (8 J/cm<sup>2</sup>). Os dentes foram condicionados com ácido fosfórico 37%, aplicado o sistema adesivo (SBMP) e restaurados com resina composta (Z350 XT). Após isso, foram imersos em água destilada e mantidos em estufa a 37° C por 24h. Em seguida, foram seccionados com cortes perpendiculares entre si, produzindo palitos com 0,7 (± 0,2) mm<sup>2</sup> e submetidos ao ensaio de microtração. Os grupos GD2 (2 J/cm<sup>2</sup>) e GD3 (4 J/cm<sup>2</sup>) apresentaram resultados semelhantes entre si e em relação ao Controle. O grupo GD4 (8 J/cm<sup>2</sup>) apresentou menores valores de resistência adesiva em relação ao Controle (p<0,05) e aos grupos GD2 e GD3 (p<0,01). Sugere-se que o aumento da densidade de energia, a partir de um limiar de ablação, pode resultar em redução da resistência adesiva e da rugosidade superficial, provavelmente relacionadas com o *shielding effect*. Por outro lado, as menores densidades de energia não afetaram a adesividade, mantendo valores semelhantes ao controle.

**Palavras-chave:** adesividade, dentina, Laser Ti:Safira, femtossegundos, resistência adesiva à microtração.

## ABSTRACT

The high power laser has been used in human teeth for the purpose of caries removal and surface adequacy, creating promising conditions for adhesive and restorative procedures. The objective of the present study was to evaluate whether the irradiation of the dentin with Ti: Sapphire laser, in the regime of femtoseconds (fs), before the adhesive procedures, could contribute to the increase of the adhesive resistance to the **Bond Strength**. For the adhesive procedures, the occlusal portion of the teeth was removed and the smear layer was standardized. Twenty human teeth (3rd molar) divided into 4 groups were used: GD1- Control: adhesive procedures with etch-rinse adhesive (Scotchbond Multi-Purpose - SBMP); in the other groups the dentin was irradiated before the adhesive procedures, being: GD2-Laser (2 J / cm<sup>2</sup>); GD3-Laser (4 J / cm<sup>2</sup>); GD4-Laser (8 J / cm<sup>2</sup>). The teeth were conditioned with 37% phosphoric acid, applied adhesive system (SBMP) and restored with composite resin (Z350 XT). After that, they were immersed in distilled water and kept in an oven at 37°C for 24h. Afterwards, they were sectioned with perpendicular cuts between them, producing sticks with 0.7 (± 0.2) mm<sup>2</sup> and submitted to the microtraction test. The GD2 (2 J / cm<sup>2</sup>) and GD3 (4 J / cm<sup>2</sup>) groups showed similar results to each other and to Control. The GD4 group (8 J / cm<sup>2</sup>) had lower values of adhesive strength compared to Control (p <0.05) and GD2 and GD3 groups (p <0.01). It is suggested that the increase in energy density, from an ablation threshold, may result in a reduction of the adhesive strength and surface roughness, probably related to the *shielding effect*. On the other hand, the lower energy densities did not affect the adhesiveness, maintaining values similar to the control.

Keywords: Adhesion, dentin, Laser Ti: Sapphire, femtoseconds, adhesive resistance to **Bond Strength**.

## **SUMÁRIO**

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>11</b>
<b>2. CONCLUSÃO GERAL</b>	<b>13</b>
<b>REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO</b>	<b>14</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>18</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A adesividade dos materiais restauradores aos tecidos duros dentais ainda é muito discutida na literatura, pois a interface adesiva é um ponto vulnerável da restauração e, por isso, diversos autores procuram validar suas pesquisas com etapas laboratoriais e clínicas.

O procedimento restaurador envolve a substituição do tecido dental por materiais resinosos, estabelecido pela formação da camada híbrida e interações químicas (1,2) podendo influenciar a qualidade e a durabilidade da restauração (3,4) Pesquisas com novos materiais restauradores, técnicas de aplicação e diferentes estratégias adesivas para tratamento de superfície têm apresentado perspectivas de melhora na adesividade.(5) Apesar disso, independentemente da estratégia adesiva adotada, a interface está exposta a diversos fatores que podem favorecer sua degradação precoce, como a fadiga mecânica que pode resultar na formação de *gaps* e tensão decorrente da contração de polimerização pós-gel, podendo causar falência da restauração. (6) Outros fatores como a hidrólise da matriz resinosa, ação das metaloproteinases sobre o colágeno exposto ou contaminação por bactérias oriundas da infiltração marginal podem contribuir para a falha da restauração. (7)

Ensaio mecânicos são utilizados para avaliar a eficiência da resistência de união entre a estrutura dental e os diferentes materiais restauradores, entre eles o ensaio de microtração. A vantagem é que, a partir de um único dente, vários corpos de prova são obtidos de diferentes regiões da superfície dentinária, com variações inerentes da anatomia dental, fornecendo resultados da resistência de união. (8–14)

Estudos com lasers Nd:YAG, (15,16) Er:YAG, (17,18) Er,Cr:YSGG (15,19) e Nd:YVO<sub>4</sub> (20) associado a técnicas adesivas vem se tornando uma alternativa para o tratamento de superfícies duras dentais precedendo o tratamento adesivo, descrevendo sua interação com os tecidos duros dentais e a morfologia do tecido irradiado.

A utilização de laser de alta potência de pulsos ultracurtos no regime de femtossegundos, precedendo os procedimentos adesivos, vem se consolidando como um tratamento promissor. O laser de Ti:Safira, demonstrou ser eficiente e com menor geração de calor (3,21,22). A formação de plasma e do pouco aquecimento do tecido induzidos pela absorção de luz são os principais fenômenos considerados

deste mecanismo de ablação. (23) A ablação tem se mostrado menos invasiva e com maior comodidade por não produzir vibração e o desconforto de ruídos, ao contrário dos instrumentos rotatórios. Além disso, é efetiva com ausência de carbonização e microfissuras, pois a temperatura da câmara pulpar permaneceu abaixo de 5,5°C. (3,20,24) A precisão e seletividade da remoção tecidual trazem vantagens, pois ocorre a níveis micrométrico e/ou nanométrico. (21,24–27) Apesar das vantagens, o alto custo do sistema ainda é discutível. (8,18,28,29)

Diante disso, o objetivo do presente estudo foi avaliar se a irradiação da dentina com laser de Ti:Safira, no regime de femtosegundos, previamente aos procedimentos adesivos, poderá contribuir para o aumento da resistência adesiva à microtração.

### 3. CONCLUSÃO GERAL

Sugere-se que o aumento da densidade de energia, a partir de um limiar de ablação, pode resultar em redução da resistência adesiva e da rugosidade superficial, provavelmente relacionadas com o *shielding effect*. Por outro lado, as menores densidades de energia não afetaram a adesividade, mantendo valores semelhantes ao controle.

## REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO

1. Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay P, et al. Buonocore memorial lecture. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Oper Dent*. 2003;28(3):215–35.
2. Pashley DH, Tay FR, Breschi L, Tjäderhane L, Carvalho RM, Carrilho M. NIH Public Access. 2011;27(1):1–34.
3. Sozzi M, Fornaini C, Cucinotta A, Merigo E, Vescovi P, Selleri S. Dental ablation with 1064 nm, 500 ps, Diode pumped solid state laser: A preliminary study. *Laser Ther* [Internet]. 2013;22(3):195–9. Available from: <http://jlc.jst.go.jp/DN/JST.JSTAGE/islsm/13-OR-16?lang=en&from=CrossRef&type=abstract>
4. Liu J, Chen H, Ge W, Wang Y, Sun Y, Wang Y, et al. A roughness study of ytterbium-doped potassium yttrium tungstate (YB: KYW) thin-disk femtosecond ablated dentin. *J Lasers Med Sci*. 2014;5(1):32–8.
5. Perdigão J, Sezinando A, Muñoz M a, Luque-Martinez I V, Loguercio AD. Prefabricated veneers - bond strengths and ultramorphological analyses. *J Adhes Dent* [Internet]. 2014;16(2):137–46. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24179983>
6. Carvalho AO, Oliveira MT de, Nikaido T, Tagami J, Giannini M. Effect of adhesive system and application strategy on reduction of dentin permeability. *Braz Oral Res* [Internet]. 2012;26(5):397–403. Available from: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1806-83242012000500004&lng=en&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-83242012000500004&lng=en&tlng=en)
7. Kermanshahi S, Santerre JP, Cvitkovitch DG, Finer Y. Biodegradation of resin-dentin interfaces increases bacterial microleakage. *J Dent Res*. 2010;89(9):996–1001.
8. Portillo M, Lorenzo MC, Moreno P, García A, Montero J, Ceballos L, et al. Influence of Er:YAG and Ti:sapphire laser irradiation on the microtensile bond strength of several adhesives to dentin. *Lasers Med Sci*. 2015;30(2):483–92.
9. Youm S-H, Jung K-H, Son S-A, Kwon Y-H, Park J-K. Effect of dentin pretreatment and curing mode on the microtensile bond strength of self-adhesive resin cements. *J Adv Prosthodont* [Internet]. 2015;7(4):317–22.

Available

from:

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26330979>  
<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC4551788>

10. Fallahzadeh F, Safarzadeh-Khosroshahi S, Atai M. Dentin bonding agent with improved bond strength to dentin through incorporation of sepiolite nanoparticles. *J Clin Exp Dent*. 2017;9(6):e738–42.
11. Geraldeli S, Soares EF, Alvarez AJ, Farivar T, Shields RC, Sinhoreti MAC, et al. A new arginine-based dental adhesive system: formulation, mechanical and anti-caries properties. *J Dent [Internet]*. 2017;63:72–80. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jdent.2017.05.024>
12. Mandava J, Vegesna D prasanna, Ravi R, Boddada MR, Uppalapati LV, Ghazanfaruddin MD. Microtensile bond strength of bulk-fill restorative composites to dentin. *J Clin Exp Dent*. 2017;9(8):e1023–8.
13. Perdigao J, Geraldeli S. In vivo Influence of Residual Moisture on Microtensile Bond Strengths of One Bottle Adhesives. *J Esthet Restor Dent*. 2002;14(1):31–8.
14. Minamino T, Mine A, Shintani A, Higashi M, Yatani H. Advanced Statistical Analyses to Reduce Inconsistency of Bond Strength Data. 2017;
15. Marimoto A, Cunha L, Yui K, Huhtala M, Barcellos D, Prakki A, et al. Influence of Nd:YAG Laser on the Bond Strength of Self-etching and Conventional Adhesive Systems to Dental Hard Tissues. *Oper Dent [Internet]*. 2013;38(4):447–55. Available from: <http://www.jopdentonline.org/doi/10.2341/11-383-L>
16. Gan J, Liu S, Zhou L, Wang Y, Guo J, Huang C. Effect of Nd:YAG Laser Irradiation Pretreatment on the Long-Term Bond Strength of Etch-and-Rinse Adhesive to Dentin. *Oper Dent [Internet]*. 2017;42(1):62–72. Available from: <http://www.jopdentonline.org/doi/10.2341/15-268-L>
17. Saraceni CH, Liberti E, Navarro RS, Cassoni A, Kodama R, Oda M. Er:YAG-laser and sodium hypochlorite influence on bond to dentin. *Microsc Res Tech*. 2013;76(1):72–8.
18. Aglarci C, Demir N, Aksakalli S, Dilber E, Sozer OA, Kilic HS. Bond strengths of brackets bonded to enamel surfaces conditioned with femtosecond and Er:YAG laser systems. *Lasers Med Sci [Internet]*. 2016;31(6):1177–83.



Available from: <http://dx.doi.org/10.1007/s10103-016-1961-4>

19. Ayar MK, Yildirim T. Effects of Er,Cr:YSGG laser pulse frequency on microtensile bond strength to enamel. *Oper Dent*. 2017;42(1):53–61.
20. Bello-Silva MS, Wehner M, De Paula Eduardo C, Lampert F, Poprawe R, Hermans M, et al. Precise ablation of dental hard tissues with ultra-short pulsed lasers. Preliminary exploratory investigation on adequate laser parameters. *Lasers Med Sci*. 2013;28(1):171–84.
21. Dutra-Correa M, Nicolodelli G, Rodrigues JR, Kurachi C, Bagnato VS. Femtosecond laser ablation on dental hard tissues—Analysis of ablated profile near an interface using local effective intensity. *Laser Phys* [Internet]. 2011;21(5):965–71. Available from: <http://link.springer.com/10.1134/S1054660X11090064>
22. Rego Filho FDAMG, Dutra-Corrêa M, Nicolodelli G, Bagnato VS, De Araujo MT. Influence of the hydration state on the ultrashort laser ablation of dental hard tissues. *Lasers Med Sci*. 2013;28(1):215–22.
23. Chen H, Li H, Sun Y, Wang Y, Lü P. Femtosecond laser for cavity preparation in enamel and dentin: ablation efficiency related factors. *Sci Rep* [Internet]. 2016;6(1):20950. Available from: <http://www.nature.com/articles/srep20950>
24. de Menezes RF, Harvey CM, de Martínez Gerbi MEM, Smith ZJ, Smith D, Ivaldi JC, et al. Fs-laser ablation of teeth is temperature limited and provides information about the ablated components. *J Biophotonics*. 2017;10(10):1292–304.
25. Gamaly EG, Rode A V., Luther-Davies B, Tikhonchuk VT. Ablation of solids by femtosecond lasers: Ablation mechanism and ablation thresholds for metals and dielectrics. *Phys Plasmas*. 2002;9(3):949.
26. Rode A V, Gamaly EG, Luther-Davies B, Taylor BT, Graessel M, Dawes JM, et al. Precision ablation of dental enamel using a subpicosecond pulsed laser. *Aust Dent J* [Internet]. 2003;48(4):233–9. Available from: [http://eutils.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/eutils/elink.fcgi?dbfrom=pubmed&id=14738125&retmode=ref&cmd=prlinks%5Cnfile:///Australian dental journal/Precision ablation of dental enamel using a subpicosecond pulsed laser. - 2003.pdf](http://eutils.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/eutils/elink.fcgi?dbfrom=pubmed&id=14738125&retmode=ref&cmd=prlinks%5Cnfile:///Australian%20dental%20journal/Precision%20ablation%20of%20dental%20enamel%20using%20a%20subpicosecond%20pulsed%20laser.%20-2003.pdf)
27. Gerhardt-Szep S, Werelius K, De Weerth F, Heidemann D, Weigl P. Influence of femtosecond laser treatment on shear bond strength of composite resin

- bonding to human dentin under simulated pulpal pressure. *J Biomed Mater Res - Part B Appl Biomater*. 2012;100 B(1):177–84.
28. Kabas AS, Ersoy T, Gülsoy M, Akturk S. Femtosecond laser etching of dental enamel for bracket bonding. *J Biomed Opt* [Internet]. 2013;18(9):98003. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24045693>
29. Erdur EA, Basciftci FA. Effect of Ti:sapphire laser on shear bond strength of orthodontic brackets to ceramic surfaces. *Lasers Surg Med*. 2015;47(6):512–9.
30. KIM B-R, OH M-H, SHIN D-H. Effect of cavity disinfectants on antibacterial activity and microtensile bond strength in class I cavity. *Dent Mater J* [Internet]. 2017;36(3):368–73. Available from: [https://www.jstage.jst.go.jp/article/dmj/36/3/36\\_2016-283/\\_article](https://www.jstage.jst.go.jp/article/dmj/36/3/36_2016-283/_article)

## ANEXOS

Parecer Consubstanciado do CEP – UNIP.

UNIVERSIDADE PAULISTA -  
UNIP / VICE-REITORIA DE  
PESQUISA E PÓS



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** AVALIAÇÃO DA RESISTENCIA ADESIVA EM DENTES HUMANOS IRRADIADOS COM LASER DE TI:SAFIRA NO REGIME DE FEMTOSSEGUNDOS

**Pesquisador:** Tarciso Penha Junior

**Área Temática:**

**Versão:** 1

**CAAE:** 60125316.9.0000.5512

**Instituição Proponente:** Universidade Paulista - UNIP / Vice-Reitoria de Pesquisa e Pós Graduação

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 1.785.244

**Apresentação do Projeto:**

De acordo

**Objetivo da Pesquisa:**

De acordo

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

De acordo

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

Nada a acrescentar

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Sem novas considerações.

**Recomendações:**

Falar em riscos mínimos .

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Nada a acrescentar

**Considerações Finais a critério do CEP:**

Endereço: Rua Dr. Barcelar, 1212

Bairro: Vila Clementino

CEP: 04.028-002

UF: SP

Município: SÃO PAULO

Telefone: (11)5586-4000

Fax: (11)5586-4073

E-mail: cep@unip.br

Dados em 01/05/2011

## Tabelas:

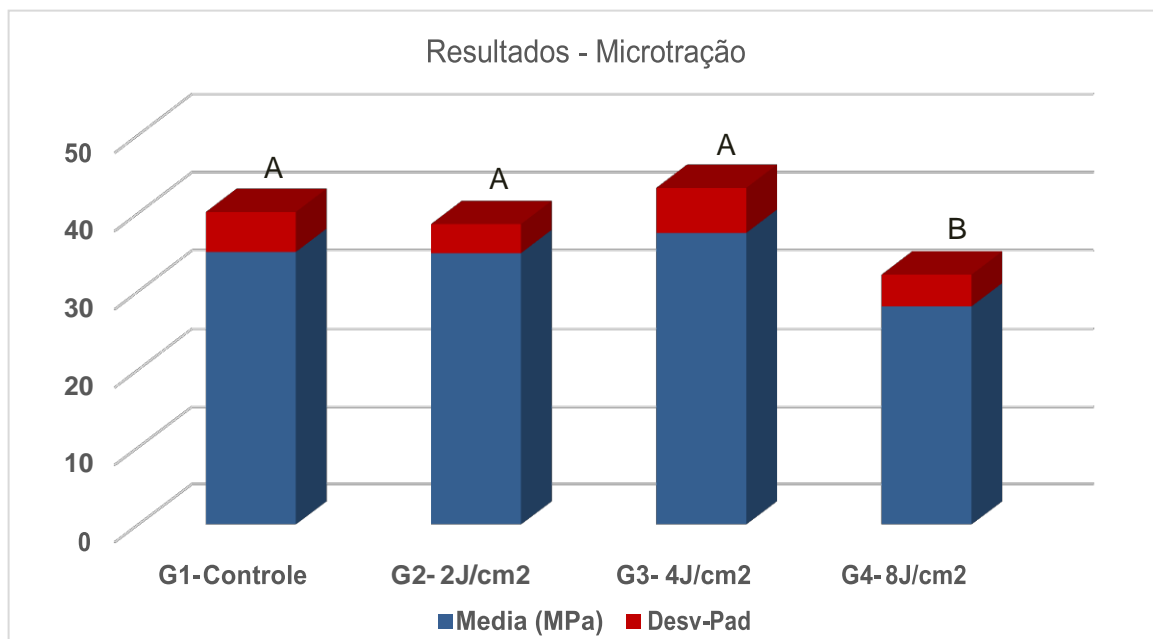
Material	Composição, lote e validade		Modo de Aplicação
SBMP Scotchbond Multi- Purpose- (3M ESPE)	<p>Ácido: gel de ácido fosfórico a 35%.</p> <p>Primer: Solução aquosa de HEMA, água, copolímeros de ácido acrílico e itacônico.</p> <p><u>Lote e Validade:</u> XXXX</p>	<p>Adesivo: HEMA (30- 40 wt%) Adesivo: Bis-GMA; HEMA; fotoiniciadores.</p> <p><u>Lote e Validade:</u> N 571827 (03/2017)</p>	<p>Aplicar o ácido fosfórico sobre a dentina e esmalte, aguardar 15 s, lavar por 15 s e secar por 5 s, sem dessecar.</p> <p>Aplicar o primer SBMP sobre toda a superfície condicionada e secar suavemente durante 5 s.</p> <p>Aplicar o adesivo SBMP sobre toda a superfície, formando uma camada uniforme sem acumulação.</p> <p>Fotopolimerizar durante 10 s.</p>
Resina composta Z350 XT Cor: A2B (3M ESPE)	<p>Bis-GMA, UDMA, TEGDMA e Bis-EMA, sílica tratada com silano, sílica – óxido de zircônia tratado com silano, BHT e pigmentos.</p> <p><u>Lote e Validade:</u> N 474003 (10/2018)</p>		<p>Aplicar a resina composta sobre a cavidade/superfície em incrementos de no máximo 2mm e fotopolimerizar por 20s.</p>

Tabela 1: Primer/Adesivo: HEMA: 2-hidroxietilmetacrilato; Bis-GMA: Bisfenol A diglicidil éter dimetacrilato; Filtek Z350XT: UDMA (urethane dimethacrylate); TEGDMA: dimetacrilato de trietileno glicol; Bis-EMA: Bisfenol A polietileno glicol; BHT: 2,6-di-terc-butil-p-cresol.

μTBS - Tipos de falhas (%)				
Grupos	Adesiva	Resina	Dentina	Mista
Controle	67,40	15,21	4,35	13,04
2 J/cm <sup>2</sup>	82,29	8,33	5,21	4,17
4 J/cm <sup>2</sup>	86,11	6,94	4,17	2,78
8 J/cm <sup>2</sup>	93,3	1,7	3,3	1,7

Tabela 2: Classificação dos tipos de falhas ocorridas no ensaio de μTBS.

### Gráficos:



**Fig. 2:** GD1- Controle= 35,04 ( $\pm 5,11$ ) MPa; GD2- 2 J/cm<sup>2</sup>= 34,89 ( $\pm 3,71$ ) MPa; GD3- 4 J/cm<sup>2</sup>= 37,47 ( $\pm 5,75$ ) MPa; GD4- 8 J/cm<sup>2</sup>= 28,08 ( $\pm 4,05$ ) MPa.

## Figuras:

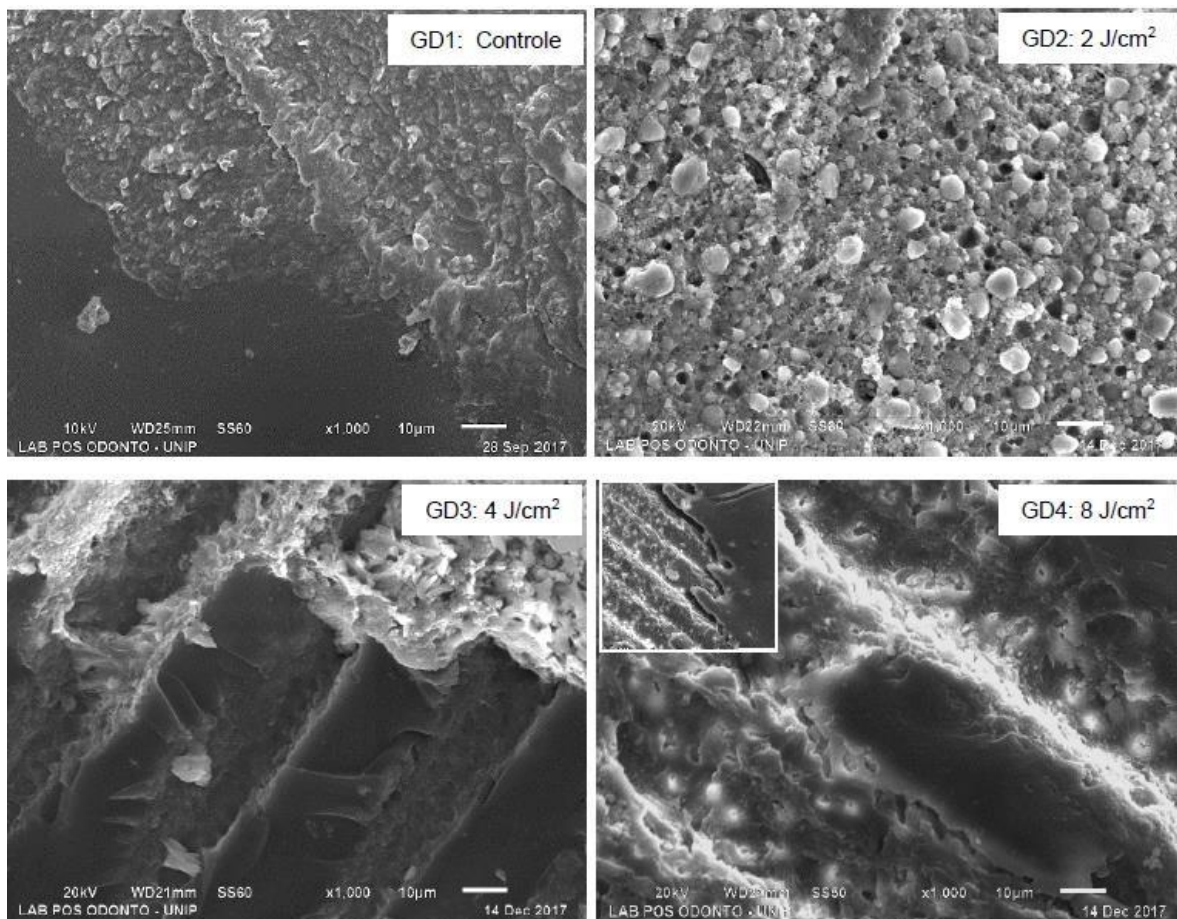


Fig. 2a-e: Eletromicrografias das interfaces de união. GD1: Controle GD2: 2 J/cm<sup>2</sup> GD3: 4 J/cm<sup>2</sup> e GD4: 8 J/cm<sup>2</sup>



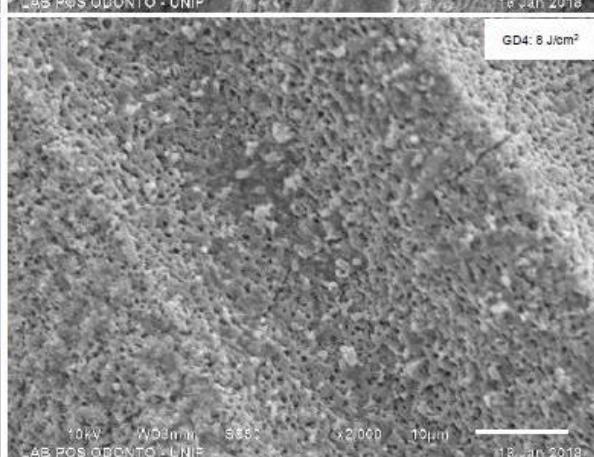
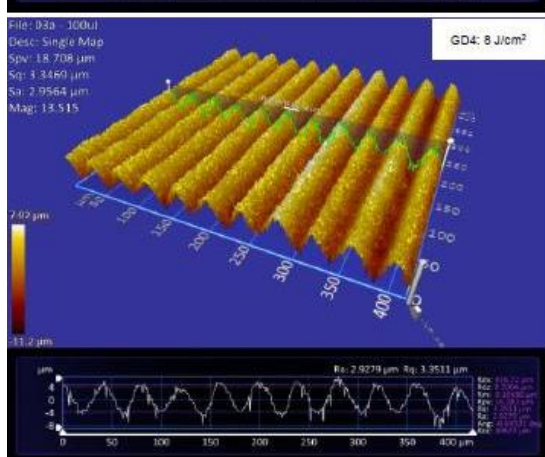
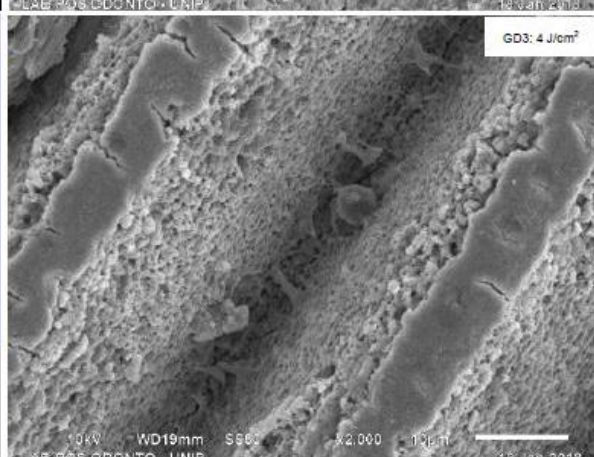
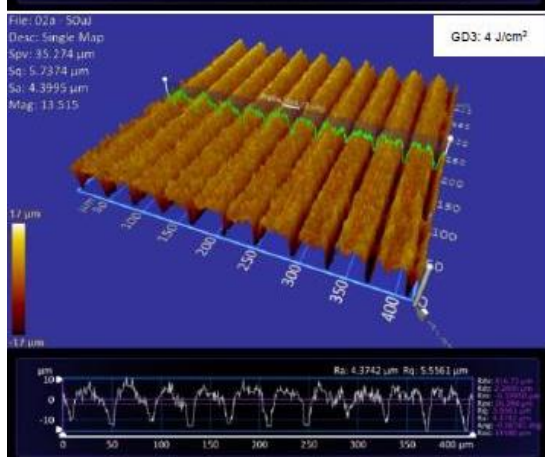
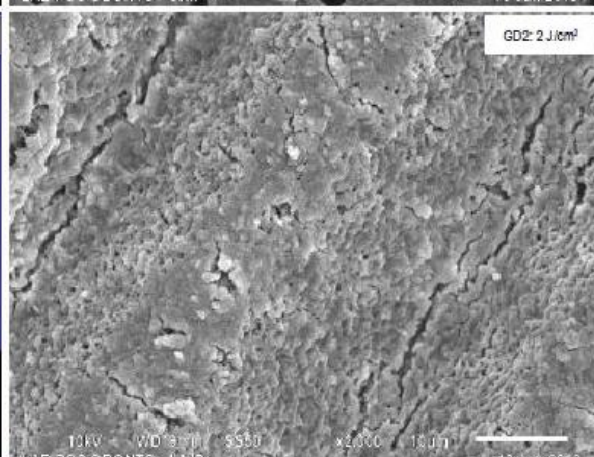
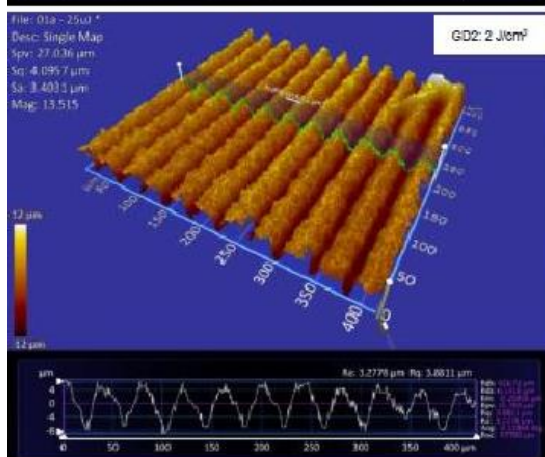
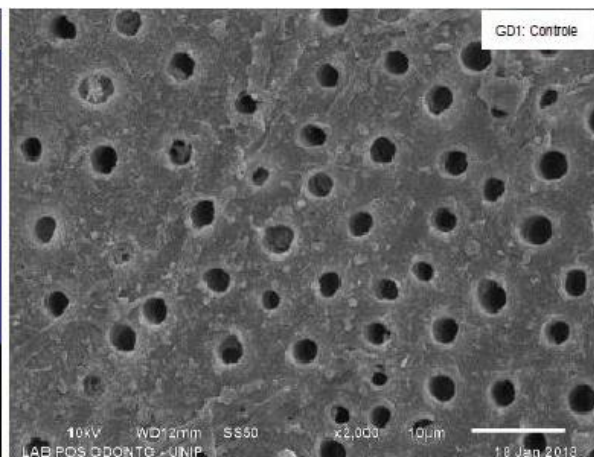
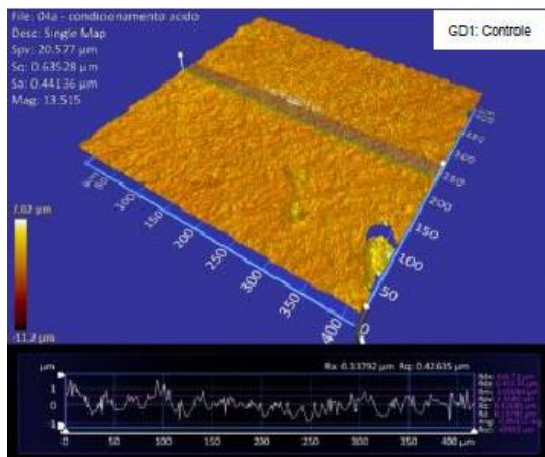


Fig. 2a-b: GD1- Controle: Rugosidade superficial= 0.33792  $\mu\text{m}$ ; Eletromicrografias da superfície; Fig. 3a-b: GD2- Laser (2  $\text{J}/\text{cm}^2$ ): Rugosidade superficial= 3.2778  $\mu\text{m}$ ; Eletromicrografias da superfície; Fig. 4a-b: GD3- Laser (4  $\text{J}/\text{cm}^2$ ): Rugosidade superficial= 4.3742  $\mu\text{m}$ ; Eletromicrografias da superfície; Fig. 5a-b: GD4- Laser (8  $\text{J}/\text{cm}^2$ ): Rugosidade superficial 2.9279  $\mu\text{m}$ ; Eletromicrografias da superfície.