

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA - MESTRADO  
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: CLÍNICA INTEGRADA

**CRISTIANE MAUCOSKI**

**ANÁLISE DA DUREZA E RESISTÊNCIA DE UNIÃO DE RESINAS *BULK FILL* EM  
RESTAURAÇÕES DE CAVIDADES CLASSE II EXPOSTAS À LUZ LED DE UM  
FOTOPOLIMERIZADOR DE BAIXO CUSTO**

PONTA GROSSA  
2020

**CRISTIANE MAUCOSKI**

**ANÁLISE DA DUREZA E RESISTÊNCIA DE UNIÃO DE RESINAS *BULK FILL* EM RESTAURAÇÕES DE CAVIDADES CLASSE II EXPOSTAS À LUZ LED DE UM FOTOPOLIMERIZADOR DE BAIXO CUSTO**

Dissertação apresentada como pré-requisito para obtenção do título de Mestre na Universidade Estadual de Ponta Grossa, no curso de Mestrado em Odontologia - Área de Concentração em Clínica Integrada. Linha de Pesquisa: Propriedades físico-químicas e biológicas dos materiais.

Orientador: Prof. Dr. Cesar Augusto Galvão Arrais

PONTA GROSSA  
2020

M447 Maucoski, Cristiane  
Análise da dureza e resistência de união de resinas *Bulk Fill*  
em restaurações de cavidades classe II expostas à luz LED de um  
fotopolimerizador de baixo custo / Cristiane Maucoski. Ponta Grossa, 2020.  
50 f.

Dissertação (Mestrado em Odontologia - Área de Concentração: Clínica  
Integrada), Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Orientador: Prof. Dr. César Augusto Galvão Arrais.

1. Luz. 2. Dureza. 3. Resinas Compostas. I. Arrais, César Augusto Galvão. II.  
Universidade Estadual de Ponta Grossa. Clínica Integrada. III.T.

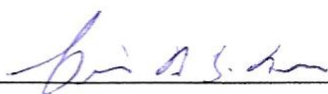
CDD: 617.6

**CRISTIANE MAUCOSKI**

***Análise da dureza e resistência de união de resinas Bulk Fill em restaurações de cavidades Classe II expostas à luz LED de um fotopolimerizador de baixo custo***

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação Stricto sensu em Odontologia da Universidade Estadual de Ponta Grossa, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Odontologia, área de concentração em Clínica Integrada, linha de pesquisa de Propriedades Físico-Químicas e Biológicas dos Materiais.

Ponta Grossa, 13 de fevereiro de 2020.



---

Prof. Dr. César Augusto Galvão Arrais  
Universidade Estadual de Ponta Grossa



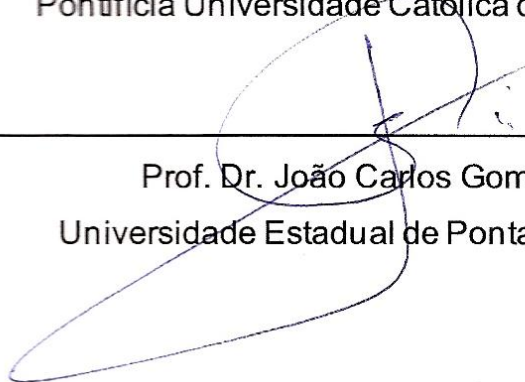
---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Evelise Machado de Souza  
Pontifícia Universidade Católica do Paraná



---

Prof. Dr. João Carlos Gomes  
Universidade Estadual de Ponta Grossa



## **DADOS CURRICULARES**

### **Cristiane Maucoski**

NASCIMENTO	29-12-1994 Ponta Grossa - Paraná - Brasil
FILIAÇÃO	Juracir Maucoski Adriane Stremel Maucoski
2009/2011	Curso Técnico em Farmácia Colégio e Faculdade Sant'Ana, PR, Brasil
2012/2016	Curso de Graduação em Odontologia Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), PR, Brasil
2015	Aperfeiçoamento em Estética com ênfase em Prótese Metal-Free Associação Brasileira de Odontologia - Seção do Paraná, ABO/PR, Brasil
2017/2020	Especialização em Ortodontia (Em andamento) Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), PR, Brasil
2018/2020	Curso de Pós-Graduação em Odontologia. Área de concentração: Clínica Integrada (Em andamento) Nível Mestrado. Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), PR, Brasil

## AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a **Deus**, por me presentear com a vida.

A **Universidade Estadual de Ponta Grossa** pela oportunidade da realização do meu curso de Mestrado em Odontologia.

Ao **Programa de Pós-graduação em Odontologia da Universidade Estadual de Ponta Grossa**, na pessoa de sua coordenadora Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Nara Hellen Bombarda.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - **CAPES**, pela bolsa de estudos concedida no decorrer do curso (O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001).

Aos meus pais, **Juracir Maucoski** e **Adriane Stremel Maucoski**, e ao meu irmão, **Eduardo Henrique Maucoski**, pelo incentivo, paciência, apoio e amor incondicional.

Ao meu orientador **Prof. Dr. Cesar Augusto Galvão Arrais** pela contribuição de seus conhecimentos, amizade, orientação, correções e dedicação.

Às alunas de Iniciação Científica, **Andressa Balzer** e **Amanda Kudrek**.

Aos **amigos** que fiz durante o decorrer do curso e aos **professores e funcionários** pela convivência, conhecimento e amizade.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a conclusão de mais uma etapa em minha vida.

## RESUMO

MAUCOSKI, C. **Análise da dureza e resistência de união de resinas Bulk Fill em restaurações de cavidades Classe II expostas à luz LED de um fotopolimerizador de baixo custo.** [Dissertação - Mestrado em Clínica Integrada - Universidade Estadual de Ponta Grossa; 2020]

Fotopolimerizadores de baixo custo possuindo diâmetro de ponta pequeno e feixe de luz não homogêneo estão amplamente disponíveis no mercado odontológico. Entretanto, não há até o momento informação na literatura quanto à efetividade destes equipamentos na dureza das resinas *bulk fill* expostas e a resistência de união de restaurações em cavidades Classe II. O objetivo do estudo foi analisar a dureza Vickers (VHN) e resistência de união de restaurações de resina compostas *bulk fill* de baixa e alta viscosidade e expostas à luz oriunda de um fotopolimerizador de baixo custo. O estudo, previamente aprovado pelo Comitê de Ética Local (2.896.938/2018), utilizou 84 terceiros molares (n=7) onde cavidades Classe II (MOD) padronizadas foram confeccionadas e restauradas de acordo com os seguintes grupos: Tetric N-Ceram Bulk Fill (TNC - Ivoclar Vivadent) incremento único; Filtek Bulk Fill Flow (FBF - 3M ESPE) coberto com resina Z250 (3M ESPE); e SureFill SDR (SDR - Dentsply Sirona) coberta por resina TPH Spectrum (Dentsply Sirona). Valores de atenuação de luz através da restauração em resina composta *bulk fill* foram registrados. As resinas foram fotoativadas com fotopolimerizador LED *polywave* (Bluephase 20i - Ivoclar Vivadent) e LED de baixo custo (Rainbow Curing Light - SML). Os dentes restaurados foram avaliados em duas condições, após 24 h do procedimento restaurador e após termociclagem. Os resultados de VHN foram analisados por meio de ANOVA 2 fatores com medidas repetidas seguidas pelo teste de Bonferroni ( $\alpha=0,05$ ). Os resultados de resistência de união foram avaliados por meio de ANOVA 2 fatores seguida pelo teste de Tukey ( $\alpha=0,05$ ). O padrão de fratura também foi analisado. Não foram realizadas comparações entre produtos. Para a condição de 24 h, apenas as resinas TNC e SDR, obtiveram valores de VHN na base significativamente inferiores ao topo, independentemente do fotopolimerizador utilizado. A luz emitida pelo fotopolimerizador LED *polywave* promoveu maiores valores de VHN do que a luz emitida pelo LED de baixo custo. Quando analisado a dureza após termociclagem, os valores de VHN na base foram significativamente inferiores àqueles observados no topo independentemente do fotopolimerizador utilizado para as resinas SDR e TNC. FBF obteve maiores valores de dureza quando o LED *polywave* foi utilizado. Observou-se diferença significativa apenas para a resina de alta viscosidade TNC, com valores superiores de resistência de união para o LED *polywave* ( $p= 0,048$ ). Quando comparados os intervalos 24 h e termociclagem, apenas as resinas SDR e FBF obtiveram valores significativamente menores ( $p = 0,01$  e  $p = 0,026$ , respectivamente). Pode-se concluir com o estudo que há diferença na dureza de resinas compostas *bulk fill* quando fotopolimerizadas com LED *polywave* e LED de baixo custo, havendo valores maiores de VHN para as resinas SDR e TNC quando utilizado o LED *polywave*. A resina de alta viscosidade TNC obteve valores superiores de resistência de união para o LED *polywave* e a termociclagem interfere na resistência de união em resinas *bulk fill* de baixa viscosidade.

**Palavras-chave:** luz, dureza, resinas compostas.

## ABSTRACT

MAUCOSKI, C. **Microhardness and bond strength analysis of bulk fill composite resins in Class II restorations exposed to a budget LED light curing unit.** [Dissertation - Master's Degree in Integrated Clinic - UEPG; 2020]

Budget light-curing units (LCU) presenting fiber guides with small diameter and non-homogeneous light beam profile are widely available in the Dental market. However, to date, there is no information in the literature regarding the effectiveness of such LCUs on microhardness of bulk fill resins and on the bond strength of Class II cavity restorations. The aim of this study was to analyze the Vickers microhardness (VHN) and bond strength of low and high viscosity bulk fill resin restorations exposed to light from a budget light curing light. The study, previously approved by the Local Ethics Committee (2,896,938/2018), used 84 third molars (n=7) where standardized Class II (MOD) cavities were made and restored according to the following groups: Tetric N-Ceram Bulk Fill (TNC - Ivoclar Vivadent) single increment; Filtek Bulk Fill Flow (FBF - 3M ESPE, St, Paul, MN, USA) coated with Z250 resin (3M ESPE, St, Paul, MN, USA); and SureFill SDR (SDR - Dentsply Sirona, York, PA, USA) coated with TPH Spectrum resin (Dentsply Sirona). The light attenuation values through restoration in bulk fill composite resin were recorded. The composite resins were light cured with polywave LED (Bluephase 20i - Ivoclar Vivadent) and with budget LED curing light (Rainbow Curing Light - SML). The restored teeth were evaluated in two conditions, 24 h after the restorative procedure and after thermocycling. VHN results were analyzed by 2-way ANOVA with repeated measures followed by Bonferroni's test ( $\alpha=0.05$ ). The results of bond strength were evaluated by 2-way ANOVA followed by Tukey test ( $\alpha=0.05$ ). The failure pattern was also analyzed. No comparisons were made between products. For the 24 h condition, only TNC and SDR resins obtained VHN values at the base significantly lower than the top, regardless of the light-curing unit used. The light emitted by the polywave LED promoted higher VHN values than the light emitted by the budget LED. When analyzing the microhardness after thermocycling, the VHN values at the base were significantly lower than those observed at the top regardless of the light curing unit used for SDR and TNC resins. FBF obtained higher hardness values when the polywave LED was used. A significant difference was observed only for the high viscosity resin TNC, with higher values of bond strength for the polywave LED ( $p = 0.048$ ). When comparing the 24 h and thermocycling intervals, only SDR and FBF resins obtained significantly lower values ( $p = 0.01$  and  $p = 0.026$ , respectively). It can be concluded from the study that there is a difference in the microhardness of bulk fill composite resins when cured with polywave LED and budget LED, with higher VHN values for SDR and TNC resins when using the polywave LED. The TNC high viscosity resin obtained superior bond strength values for the polywave LED. Thermocycling interferes with the bond strength in low viscosity bulk fill resins.

**Keywords:** light, hardness, composite resins..



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1.	Análise espectral da luz. Em A pode-se observar a esfera integradora de 6 polegadas de diâmetro (Labsphere, North Sutton, NH, USA) e em B a ponta do fotopolimerizador sendo posicionada a 5 mm da entrada da esfera .....	20
Figura 2.	Análise da atenuação de luz através da restauração.....	21
Figura 3.	Fluxograma representando o delineamento experimental.....	23
Figura 4.	Confecção do preparo cavitário. Em A e B pode-se observar a confecção das caixas oclusais e proximais, respectivamente. Em C, D e E pode-se observar o uso da sonda periodontal de Willians para conferir o tamanho da cavidade.....	24
Figura 5.	Fatia proximal obtida.....	29
Figura 6.	Comparação do diâmetro de 8 mm da ponta ativa do fotopolimerizador LED de baixo custo (A) com o diâmetro da ponta ativa do fotopolimerizador LED polywave (B).....	29
Gráfico 1.	Resistência de União (Mpa) para a resina SDR com fotopolimerizadores polywave e baixo custo, nos grupos 24h e após termociclagem.....	33
Gráfico 2.	Resistência de União (Mpa) para a resina TNC com fotopolimerizadores polywave e baixo custo, nos grupos 24h e após termociclagem.....	34
Gráfico 3.	Resistência de União (Mpa) para a resina FBF com fotopolimerizadores polywave e baixo custo, nos grupos 24h e após termociclagem.....	34
Quadro 1.	Resinas compostas utilizadas no estudo (material, fabricante, lote e composição).....	22

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Materiais, fotopolimerizadores e tempos (s) de exposição utilizados.....	25
Tabela 2.	Fotopolimerizadores utilizados no estudo e irradiância obtida.....	30
Tabela 3.	Porcentagem de transmissão de luz na base dos dentes restaurados.....	30
Tabela 4.	Tempo total de exposição aos fotopolimerizadores LED e exposição radiante no topo.....	30
Tabela 5.	Dureza Vickers (Desvio-padrão) da resina TNC em dois intervalos	31
Tabela 6.	Dureza Vickers (Desvio-padrão) da resina SDR em dois intervalos	31
Tabela 7.	Dureza Vickers (Desvio-padrão) da resina FBF em dois intervalos	32
Tabela 8.	Fraturas prematuras antes do teste de microtração (valores em porcentagem).....	35
Tabela 9.	Padrão de fratura constatado após teste de microtração.....	37

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANOVA	Análise de variância
BHT	Hidróxitolueno butílico
BIS-GMA	Bisfenol glicidil metacrilato
FBF	Filtek <i>Bulk Fill Flow</i>
h	Hora
LED	<i>Light Curing Unit</i>
j/cm <sup>2</sup>	Joule por centímetro quadrado
kgf	Quilograma-força
mm	Milímetro
mPa	Megapascal
mW	Miliwatt
mw/cm <sup>2</sup>	Miliwatt por centímetro quadrado
nm	Nanômetro
PEG-DMA	Polietilenoglicol dimetacrilato
QTH	<i>Quartz Tungsten Halogen</i>
rpm	Rotação por minuto
s	Segundo
SDR	SureFill SDR
TEG-DMA	Trietileno glicol dimetacrilato
TNC	Tetric N-Ceram <i>Bulk Fill</i>
UDMA	Uretano dimetacrilato
UV	Ultravioleta
VHN	Dureza Vickers
µm	Micrômetro

## LISTA DE SÍMBOLOS

° C	Grau Celsius
™	Marca registrada
%	Porcentagem
®	Registrado
±	Mais ou menos

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2.</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>15</b>
2.1	RESINAS COMPOSTAS.....	15
2.1.1	Resinas compostas convencionais e a técnica incremental.....	15
2.1.2	Resinas compostas <i>bulk fill</i> .....	16
2.2	UNIDADES FOTOATIVADORAS LED ( <i>Light Emitting Diode</i> ).....	17
2.3	DUREZA E RESISTÊNCIA DE UNIÃO DE RESINAS COMPOSTAS <i>BULK FILL</i> .....	18
		19
<b>3.</b>	<b>PROPOSIÇÕES.....</b>	
3.1	PROPOSIÇÃO GERAL.....	19
3.2	PROPOSIÇÃO ESPECÍFICA.....	19
		20
<b>4.</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	
4.1	ANÁLISE ESPECTRAL DA LUZ EMITIDA PELO FOTOPOLIMERIZADOR LED.....	20
4.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	21
4.3	PREPARO DOS DENTES.....	23
4.4	TÉCNICA RESTAURADORA E EXPOSIÇÃO AO FOTOPOLIMERIZADOR.....	24
4.5	SIMULAÇÃO DE ENVELHECIMENTO POR MEIO DE TERMOCICLAGEM.....	26
4.6	CONFECÇÃO DOS CORPOS-DE-PROVA PARA ANÁLISE DAS PROPRIEDADES.....	26
4.7	AVALIAÇÃO DA DUREZA VICKERS.....	27
4.7.1	Polimento das amostras.....	27
4.7.2	Avaliação da dureza Vickers.....	27
4.8	AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE UNIÃO.....	28
4.9	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	28
		29
<b>5.</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	
5.1	ANÁLISE ESPECTRAL DA LUZ EMITIDA PELO FOTOPOLIMERIZADOR LED.....	29
5.2	ANÁLISE DA DUREZA VICKERS.....	31
5.3	ANÁLISE DA RESISTÊNCIA DE UNIÃO.....	32
5.4	PADRÃO DE FRATURA.....	35
<b>6.</b>	<b>DISCUSSÃO.....</b>	<b>38</b>
<b>7.</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>42</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>43</b>
<b>ANEXO A.</b>	<b>APROVAÇÃO DO PROJETO DE PESQUISA PELA COMISSÃO DE ÉTICA EM PESQUISA.....</b>	<b>49</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Com o propósito de redução de tempo clínico no consultório sem perda nas propriedades dos materiais, a tecnologia no desenvolvimento de materiais dentários no decorrer dos anos permitiu o aprimoramento de resinas compostas já existentes e formulação de novas resinas. Resinas estas, que em parte, foram planejadas propositalmente para restaurações posteriores, onde se requer boas propriedades mecânicas, já que a longevidade destas restaurações depende do material (Demarco et al. <sup>1</sup> 2012) e se encontram em áreas de grande esforço mastigatório (Ferracane <sup>2</sup> 2011).

Resinas compostas convencionais são comumente utilizadas na técnica incremental que visa a redução da tensão gerada no dente durante a fotopolimerização (Velooso et al. <sup>3</sup> 2019). Esta técnica consiste em aplicações de incrementos com espessura de até 2 mm, seguido da fotoativação, que garante uma penetração correta da luz, melhor adaptação marginal e, por consequência, uma polimerização adequada (Lazarchik et al. <sup>4</sup> 2007). No entanto, essa técnica possui desvantagens, como maior tempo de procedimento requerido e uma maior sensibilidade da técnica, que pode comprometer a adesão (Lazarchik et al. <sup>4</sup> 2007; Alshali et al. <sup>5</sup> 2015; Besegato et al. <sup>6</sup> 2019).

As resinas compostas *bulk fill* foram introduzidas com o propósito de restaurar cavidades posteriores, sem perda das características importantes do material. Estas resinas podem ser adicionadas em incrementos com 4 a 5 mm de espessura (Karacolak et al. <sup>7</sup> 2018), possibilitando um menor tempo de procedimento quando comparada às resinas convencionais (Bellinaso et al. <sup>8</sup> 2019; Tardem et al. <sup>9</sup> 2019), maior profundidade de polimerização (Hasslen et al. <sup>10</sup> 2019; Rizzante et al. <sup>11</sup> 2019) e menor tensão gerada durante a polimerização devido a redução na quantidade de monômeros de baixo peso molecular (Lins et al. <sup>12</sup> 2019). Além disso, restaurações *bulk fill* não aumentam o risco ou intensidade de sensibilidade pós-operatória observada na técnica incremental tradicional (Tardem et al. <sup>9</sup> 2019) e possuem desempenho clínico semelhante em restaurações posteriores (Velooso et al. <sup>3</sup> 2019).

Com o advento das resinas compostas *bulk fill* e o propósito de se preencher cavidades profundas de um a só vez, a qualidade da unidade de luz fotoativadora

passou a ter uma importância ainda maior. Atualmente, encontram-se disponíveis no mercado odontológico fotopolimerizadores a base de LED (*Light Emitting Diode* - Diodo Emissor de Luz) considerados padrão ouro na polimerização de resinas compostas (Jandt e Mills <sup>13</sup> 2013), com características superiores às antigas lâmpadas QTH (*Quartz Tungsten Halogen lamps* - Lâmpadas halógenas de Quartzotungstênio), com maior irradiância (Milly e Banerjee <sup>14</sup> 2018), menor frequência na manutenção do equipamento (Omidi et al. <sup>15</sup> 2018), emissão do feixe de luz concentrado em uma faixa do comprimento de onda necessário para ativação da canforoquinona, ao redor de 468 nm, proporcionando maior efetividade na polimerização de resinas compostas que contém esse fotoiniciador (Mahant et al. <sup>16</sup> 2016). Além disso, encontram-se hoje no mercado odontológico os fotopolimerizadores LED de terceira geração (também chamadas de *polywave*), que possuem chips de luz violeta além da luz azul. Assim, estes aparelhos também possuem a capacidade de ativar os fotoiniciadores alternativos (Bayindir et al. <sup>17</sup> 2016), como o fazem os fotopolimerizadores de lâmpadas halógenas. No entanto, devido ao alto custo de fotopolimerizadores de alta potência oferecidos por empresas especializadas na produção e comercialização destes aparelhos, há disponíveis no mercado fotopolimerizadores de baixo custo (*budget*) oferecidos por empresas pouco conhecidas no ramo de produção e comercialização de fotopolimerizadores. Estes equipamentos apresentam como principais características emissão de feixe de luz não homogêneo e diâmetro de ponteira menor do que os fotopolimerizadores tradicionais (Gan et al. <sup>18</sup> 2018; Rueggeberg et al. <sup>19</sup> 2017). Como consequência disso, este tipo de ponteira não é capaz de cobrir toda a superfície da restauração de cavidades Classe II MOD em totalidade de extensão, o que pode comprometer a efetividade da polimerização (Shimokawa et al. <sup>20</sup> 2018; Jadhav et al. <sup>21</sup> 2011).

Sabe-se que o comportamento clínico de restaurações *bulk fill* é dependente da eficiência da fotoativação (Besegato et al. <sup>6</sup> 2019), por isso uma boa polimerização da resina é de extrema importância para a longevidade de restaurações (Jadhav et al. <sup>21</sup> 2011). Uma polimerização insuficiente é responsável por diminuir as propriedades mecânicas (Shimokawa et al. <sup>20</sup> 2018; Beolchi et al. <sup>22</sup> 2015). Entretanto, na literatura atual, a informação de análise de propriedades de dureza e resistência de união em restaurações de cavidades Classe II com resinas compostas *bulk fill* polimerizadas com fotopolimerizadores de baixo custo é escassa.

Deste modo, o presente estudo teve como objetivo avaliar a dureza e resistência de união de resinas *bulk fill* de baixa e alta viscosidade após fotopolimerização com fotopolimerizador de terceira geração (*polywave*) e após fotopolimerização com fotopolimerizador de baixo custo (*budget*), 24 horas e após envelhecimento simulado por meio de termociclagem.

As hipóteses nulas do estudo foram: (1) não há diferença na dureza das resinas compostas localizadas na face proximal das restaurações quando fotoativadas com LED *polywave* ou de baixo custo; (2) não há diferenças entre os valores de união na parede cervical de caixas proximais de preparos cavitários Class II MOD extensos em dentes restaurados com resinas *bulkfill* fotoativados com fotopolimerizador LED *polywave* ou de baixo custo; (3) não há diferença na resistência de união após degradação por termociclagem entre restaurações fotoativadas com LED *polywave* e aquelas fotoativadas com fotopolimerizador de baixo custo .



## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 RESINAS COMPOSTAS

#### 2.1.1 Resinas compostas convencionais e a técnica incremental

As resinas compostas são de uso indispensável no dia a dia do clínico, exigindo, assim, constante desenvolvimento e pesquisa. Podem ser utilizadas em restaurações, selantes, *inlays*, *onlays*, colagem de bráquetes ortodônticos (Ferracane<sup>2</sup> 2011), entre demais usos na Odontologia.

A Odontologia adesiva surgiu nos anos 50 com o uso de uma resina acrílica preenchida com partículas de sílica aderida à superfície de esmalte previamente preparado com ácido e, então, a capacidade de aderir materiais restauradores ao dente causou uma grande mudança (Buonocore<sup>23</sup> 1955; Swift et al.<sup>24</sup> 1995) que levou ao desenvolvimento de vários tipos de resinas nas suas variadas composições que se encontram disponíveis atualmente para a venda.

Uma grande preocupação para quem utiliza a resina composta em restaurações diretas é a contração de polimerização, que é a maior causa de falha de restaurações (Han e Park<sup>25</sup> 2018). Os fatores que afetam essa contração são fator-C, conteúdo de carga, grau de conversão, módulo de elasticidade, sorção de água, variáveis relacionadas ao fotopolimerizador e o substrato (Chandrasekhar et al.<sup>26</sup> 2017; Chikawa et al.<sup>27</sup> 2006). Para diminuir a contração, a inserção da resina composta em camadas (técnica incremental) é recomendada.

A técnica incremental de inserção da resina composta apresenta vários benefícios, como: adequada polimerização de cada incremento, menor adaptação na parede da cavidade, melhor deflexão de cúspide e melhor resistência de união segundo estudos (Bicalho et al.<sup>28</sup> 2014; Opdam et al.<sup>29</sup> 1998; Park et al.<sup>30</sup> 2008) 2008), mas também apresenta desvantagens como consumo do tempo e sensibilidade da técnica (Olafsson et al.<sup>31</sup> 2018).

Pela demanda por materiais restauradores mais rápidos e mais fáceis de usar, além de algumas desvantagens da técnica incremental, as resinas *bulk fill* surgiram e estão sendo utilizadas.

### 2.1.2 Resinas compostas *bulk fill*

Para ganho de tempo clínico, quando comparada com a técnica incremental (Bellinaso et al. <sup>8</sup> 2019; Tardem et al. <sup>9</sup> 2019), e facilidade de restaurar cavidades em dentes posteriores, resinas de incremento único estão sendo utilizadas. As resinas *bulk fill* podem ser adicionadas na cavidade em incrementos de 4 a 5 mm (Karacolak et al. <sup>7</sup> 2018).

As resinas compostas *bulk fill* diferem das resinas compostas convencionais por apresentar uma alta profundidade de polimerização (Hasslen et al. <sup>10</sup> 2019) (Rizzante et al. <sup>11</sup> 2019; Van Ende et al. <sup>32</sup> 2017). Algumas estratégias são seguidas para se obter essa alta profundidade de polimerização como adição de fotoiniciadores além da canforoquinona, a exemplo da Ivocerina, que possui um maior coeficiente de absorção (Van Ende et al. <sup>32</sup> 2017; Moszner et al. <sup>33</sup> 2008) e aumento na translucidez, que diminui a atenuação de luz pelo compósito (Bucuta e Ilie <sup>34</sup> 2014).

Também, quando comparadas às resinas convencionais, possuem menor tensão gerada pela polimerização, devido à redução de monômeros de baixo peso molecular, menor sensibilidade pós-operatória e desempenho semelhante em dentes posteriores (Veloso et al. <sup>3</sup> 2019; Tardem et al. <sup>9</sup> 2019; Lins et al. <sup>12</sup> 2019).

As resinas *bulk fill* podem ser divididas em resinas fluídas (*flowable*) de baixa viscosidade e resinas de alta viscosidade (*sculptable*, *packable* ou *paste-like*) (Veloso et al. <sup>3</sup> 2019). Resinas compostas *bulk fill* de baixa viscosidade são assim chamadas pela redução do conteúdo da carga da mistura ou adição de agentes, como surfactantes, que aumentam a fluidez (Ferracane <sup>2</sup> 2011; Veloso et al. <sup>3</sup> 2019). Estão indicadas para cavidades estreitas, profundas e Classe I, a exemplo de cavidades pós endodônticas, pois a baixa viscosidade facilita a adaptação em espaços menos acessíveis (Van Ende et al. <sup>32</sup> 2017). Como possuem menor carga que as resinas convencionais micro-híbridas ou nano-híbridas, necessitam de uma camada adicional de resina convencional (Veloso et al. <sup>3</sup> 2019).

Resinas compostas *bulk fill* de alta viscosidade alcançam a consistência mais espessa com a modificação do tamanho de distribuição da carga ou através de adição de outras partículas (Ferracane <sup>2</sup> 2011). Está indicada para cavidades extensas, onde a resistência ao desgaste e a fratura devem ser altas (Van Ende et al. <sup>32</sup> 2017). Devido à sua alta viscosidade, este tipo de resina facilita a obtenção de

um melhor ponto de contato (Van Ende et al.<sup>32</sup> 2017) e pode ser aplicada em um incremento sem a necessidade de cobertura com resina composta convencional (Velooso et al.<sup>3</sup> 2019).

Além disso, resinas *bulk fill* encontradas atualmente no mercado possuem contração de polimerização reduzida semelhante à encontrada em resinas convencionais. Em um estudo Rizzante et al.<sup>32</sup> (2019) encontraram valores de contração de polimerização menor ou igual à resinas convencionais, principalmente com incrementos maiores.

## 2.2 UNIDADES FOTOATIVADORAS LED (*Light Emitting Diode*)

As lâmpadas LED de luz azul, hoje consideradas padrão ouro para a polimerização de resinas compostas (Jandt e Mills<sup>13</sup> 2013), surgiram como meio mais eficiente e com melhor custo benefício do que as outras fontes de luz utilizadas para fotopolimerização de materiais dentários, além de serem leves e recarregáveis (Rueggeberg<sup>36</sup> 2011).

As lâmpadas LED emitem radiação em um intervalo de onda que coincide com o espectro de absorbância do fotoiniciador mais utilizado nos materiais resinosos: a canforoquinona (469 nm) (Rueggeberg<sup>36</sup> 2011; Chen et al.<sup>37</sup> 2007; Rueggeberg<sup>38</sup> 1999). Portanto, uma profundidade de polimerização melhorada tem sido observada quando estas lâmpadas são utilizadas em comparação com a de luz halógena (Mousavinasab e Meyers<sup>39</sup> 2011; Theobaldo et al.<sup>40</sup> 2017).

Atualmente, encontramos estes aparelhos em sua terceira geração. Também chamados de *polywaves*, pois possuem a capacidade de emitir mais de um comprimento de onda (Rueggeberg<sup>36</sup> 2011) que permitem o seu uso em compósitos com outros fotoiniciadores, além da canforoquinona, como fotoiniciadores alternativos a exemplo da Lucerina-TPO e da Irgacure (Bayindir et al.<sup>17</sup> 2016; Santini et al.<sup>41</sup> 2012). Além disso, possuem vantagens como: melhor saída de irradiância de luz (Milly e Banerjee<sup>14</sup> 2018), menor frequência de manutenção (Omidi et al.<sup>15</sup> 2018) e menor produção de calor (Mahant et al.<sup>16</sup> 2016).

Em estudo Theobaldo et al.<sup>37</sup> (2017) mostraram que em resinas compostas *bulk fill*, a lâmpada LED promoveu melhores resultados de grau de conversão que a lâmpada QTH.

### 2.3 DUREZA E RESISTÊNCIA DE UNIÃO DE RESINAS COMPOSTAS *BULK FILL*

A dureza é definida como a resistência da superfície do material à deformação plástica por endentação, e está correlacionada com a resistência à compressão, resistência ao desgaste, grau de conversão e estabilidade de cor (Sahebalam et al.<sup>42</sup> 2018). Juntamente com o grau de conversão são duas propriedades importantes que determinam o comportamento mecânico e físico da restauração em resina composta (Sahebalam et al.<sup>42</sup> 2018).

As resinas *bulk fill* mostraram menor dureza que as resinas convencionais na revisão sistemática de Cidreia Boaro et al.<sup>41</sup> (2019) . O que vai de encontro com o estudo de Kelic et al.<sup>42</sup> (2016) , que encontrou dureza de resinas *bulk fill* menores que resinas compostas convencionais. E quando comparadas com a de baixa viscosidade, foram ainda menores. Resinas *bulk fill* de baixa viscosidade apresentam comportamento mecânico que podem comprometer a qualidade e a longevidade da restauração (Besegato et al.<sup>6</sup> 2019), devido a sua baixa quantidade de carga influenciar na baixa dureza de superfície (Hasslen et al.<sup>10</sup> 2019).

A resistência de união, relatada em megapascal (Mpa), é calculada dividindo a carga na fratura pela seção transversal na área de união (Wang et al.<sup>45</sup> 2019).

Mandava et al.<sup>43</sup> (2017) observaram adequada resistência de união de resinas *bulk fill* à dentina em cavidades Classe I. Pereira et al.<sup>44</sup> (2019) encontraram valores de resistência de união de resinas *bulk fill* similares à resina convencional, independente de ter sido submetida à termociclagem. Para Salagalla et al.<sup>45</sup> (2018) a resistência de união foi negativamente influenciada pela profundidade da dentina e pela termociclagem.

Fronza et al.<sup>46</sup> (2018) investigaram a resistência de união de sistemas *bulk fill* unidos à dentina em cavidades Classe I e encontraram também redução da resistência de união após envelhecimento.

É escasso na literatura artigos que avaliam propriedades de resinas *bulk fill* em restaurações de cavidades Classe II por diferentes unidades fotoativadoras, o que é preocupante por serem cavidades que se encontram muitas vezes extensas e em molares, possuindo maior probabilidade de fratura quando comparadas a cavidades pequenas, classe I e em pré-molares (da Rosa Rodolpho et al.<sup>50</sup> 2006).

### 3 PROPOSIÇÕES

#### 3.1 PROPOSIÇÃO GERAL

O presente estudo teve como objetivo principal avaliar os efeitos de um fotopolimerizador de terceira geração (*polywave*) e um fotopolimerizador de baixo custo (*budget*) nas propriedades mecânicas de resinas compostas *bulk fill* em restaurações de cavidades classe II (MOD) em terceiros molares hígidos.

#### 3.2 PROPOSIÇÃO ESPECÍFICA

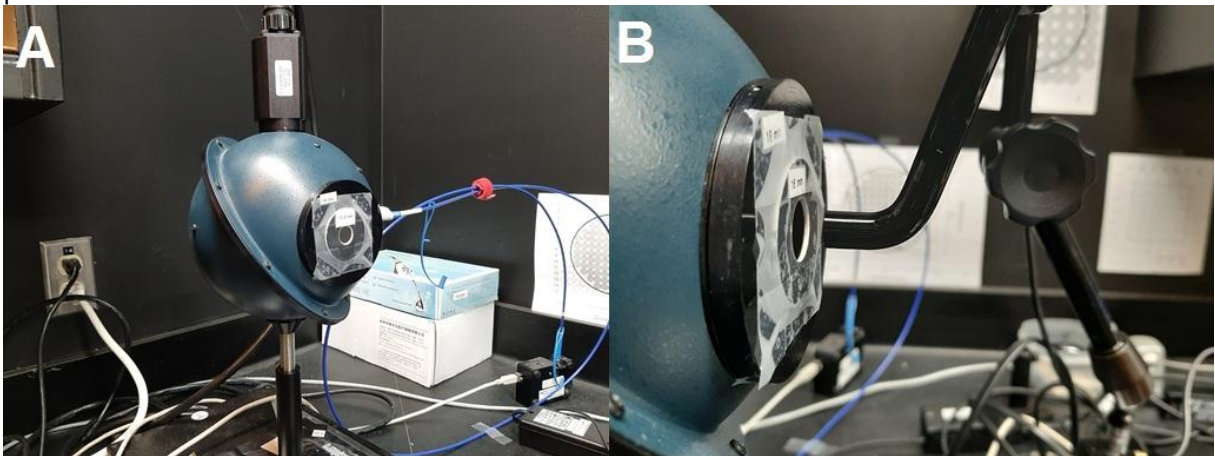
- Analisar a dureza e resistência de união de resinas *bulk fill* de baixa e alta viscosidade após fotopolimerização com fotopolimerizador de terceira geração (*polywave*) e após fotopolimerização com fotopolimerizador de baixo custo (*budget*);
- Observar qual o efeito do envelhecimento com o auxílio da termociclagem sobre a restauração e quanto isto afeta as propriedades de dureza e resistência de união.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 ANÁLISE ESPECTRAL DA LUZ EMITIDA PELO FOTOPOLIMERIZADOR LED

Foram utilizados no estudo dois fotopolimerizadores LED, um fotopolimerizador *polywave* de alta potência (Bluephase 20i, Ivoclar Vivadent, Principado de Schaan, Liechtenstein) e um de baixo custo (Rainbow Curing Light, SML, China). Para obter valores de irradiância espectral dos modos de exposição dos fotopolimerizadores foi utilizado um espectrofotômetro (USB 2000, Ocean Optics, Dunedin, FL, USA) conectado a uma esfera integradora de 6 polegadas de diâmetro (Labsphere, North Sutton, NH, USA), previamente calibrada por fonte de luz NIST para calibração. A ponta do fotopolimerizador foi posicionada a 5 mm da entrada da esfera para captação de toda luz emitida (Figura 1). Tendo por base o comprimento de onda, a irradiância foi registrada utilizando um software específico (SpectraSuite v2.0.146, Ocean Optics), que forneceu o valor total de potência emitida. A área de emissão óptica da ponta do fotopolimerizador foi calculada e dividida pelo valor de potência espectral integrado para obtenção de irradiância total emitida do fotopolimerizador para o modo de exposição ( $\text{mW} / \text{cm}^2$ ) a ser utilizado. Este valor foi multiplicado pela exposição radiante ( $\text{J} / \text{cm}^2$ ).

**Figura 1-** Análise espectral da luz. Em A pode-se observar a esfera integradora de 6 polegadas de diâmetro (Labsphere, North Sutton, NH, USA) e em B a ponta do fotopolimerizador sendo posicionada a 5 mm da entrada da esfera.

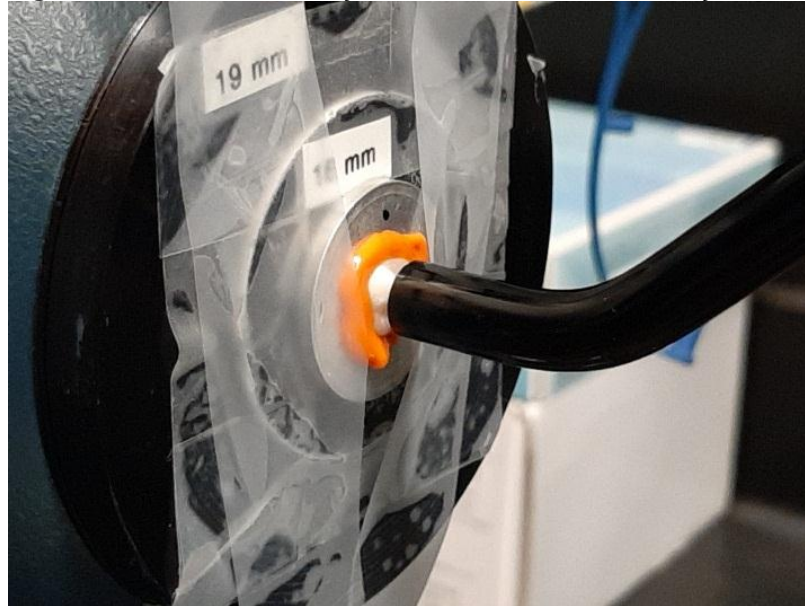


Fonte: O autor

Da mesma maneira, valores de atenuação de luz através da restauração em resina composta *bulk fill* foram registrados. Para isso, amostras de dentes restaurados em cavidades Classe II MOD com cada material utilizado no estudo

foram posicionadas entre a entrada da esfera integradora e a ponteira do fotopolimerizador (Figura 2). Os valores de irradiância de luz atenuada foram registrados.

**Figura 2-** Análise da atenuação de luz através da restauração.



Fonte: O autor

As pontas dos fotopolimerizadores também tiveram seus diâmetros obtidos com o auxílio de um paquímetro digital Digimes (São Paulo, SP, Brasil) e foram registrados.

#### 4.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

As cavidades preparadas foram restauradas de acordo com os seguintes grupos experimentais: resina composta Tetric N-Ceram *Bulk Fill* (TNC, Ivoclar Vivadent, Principado de Lichestein, Austria), inserida na cavidade em incremento único conforme instruções dos fabricantes; resinas compostas Filtek *Bulk Fill Flow* (FBF, 3M ESPE, St, Paul, MN, EUA) e coberto com resina Z250 (3M ESPE, St, Paul, MN, EUA) conforme instruções dos fabricantes; e resina composta SureFill SDR (SDR, Dentsply Sirona, York, PA, EUA) coberta por resina composta TPH Spectrum (DentsplySirona, York, PA, EUA). As resinas e composição podem ser visualizadas no Quadro 1.

**Quadro 1 - Resinas compostas utilizadas no estudo (material, fabricante, lote e composição)**

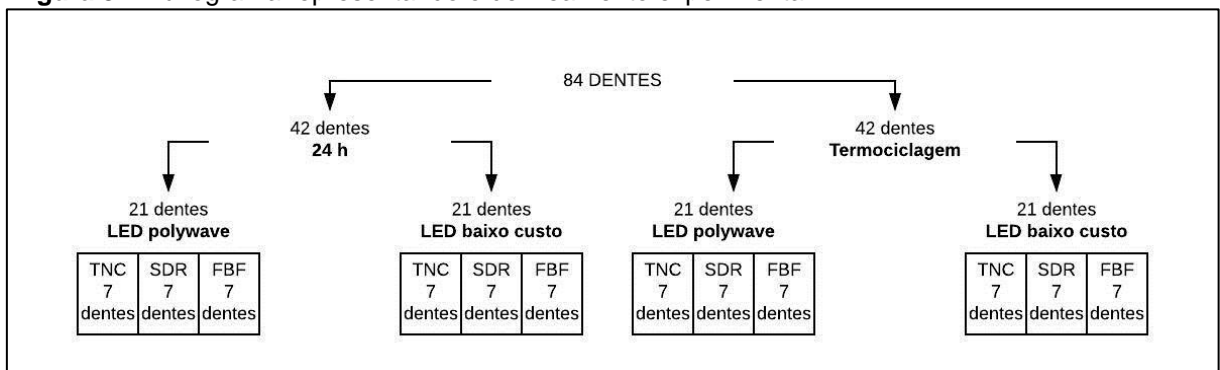
<b>Figura</b>	<b>Material</b>	<b>Cor</b>	<b>Fabricante/ Lote</b>	<b>Composição*</b>
	Tetric® N- Ceram Bulk Fill	IVA	Ivoclar Vivadent/ W94624	Dimetacrilato de uretano, BIS-GMA, BIS-EMA etoxilado, dimetacrilato de trietilenoglicol; vidro de bário, trifluoreto de itérbio, óxidos mistos, dióxido de silício, pré-polímeros, aditivos, estabilizadores, catalisadores, pigmentos.
	Filtek™ Bulk Fill	A3	3M ESPE/ 1834600404	Cerâmica silanizada tratada, UDMA, dimetacrilato substituída, BISEMA ,fluoreto de itérbio, BISGMA, benzotriazol, TEGDMA, etil 4-dimetilaminobenzoato.
	Filtek <sup>MR</sup> Z250 XT	A3	3M ESPE/ 1820500449	BIS-GMA, BIS-EMA, sílica, UDMA, TEG-DMA, PEGDMA.
	SureFil® SDR® Flow	Universal	Dentsply Sirona/ 170825	Vidro de bário-alumino-fluoro-borossilicato, vidro alumino-fluoro-silicato de estrôncio, resina de dimetacrilato de uretano modificada, EBPADMA, TEGDMA, fotoiniciador de canforoquinona (CQ),fotoacelerador, hidroxil tolueno butilado (BHT), estabilizador UV, dióxido de titânio, agente fluorescente de pigmentos de óxido de ferro, partículas de carga inorgânica faixa de 20 nm a 10 µm, carga total de 47,3% em volume
	TPH™ Spectrum	A3	Dentsply Sirona/ 354338K	Resina Uretano, pó de vidro, aerosil, canforoquinona, EDAB, BHT, concentrato, pigmento e uvinul.

\* Composição de acordo com o fabricante



Cada grupo foi exposto a valores de exposições radiantes aproximados ( $J / cm^2$ ) oriundas ou do fotopolimerizador LED *polywave* de alta potência (Bluephase 20i, Ivoclar Vivadent) no modo de exposição “High” ou do fotopolimerizador LED de baixo custo (Rainbow Curing light, SML, China). Os dentes restaurados foram avaliados em grupos 24 h após o procedimento restaurador ou grupos após 25.000 ciclos em termociclagem simulando o uso clínico de aproximadamente 2 anos e 6 meses. Desta forma, o esquema fatorial do estudo consistiu em 3 variáveis independentes (material, fotopolimerizadores e tempo), sendo o fator “material” contendo 3 subníveis, fator “tempo” com 2 subníveis e “fotopolimerizadores” com 2 subníveis. O esquema fatorial resultou em um total de 12 grupos experimentais, com 7 repetições para cada grupo ( $n = 7$ ). Um fluxograma do delineamento experimental pode ser visualizado na Figura 3.

**Figura 3** - Fluxograma representando o delineamento experimental.



Fonte: O autor

As variáveis dependentes que foram avaliadas são: microdureza Vickers (VHN - *Vickers hardness*) das resinas compostas em diferentes profundidades e resistência de união das resinas na parede cervical das caixas proximais.

#### 4.3 PREPARO DOS DENTES

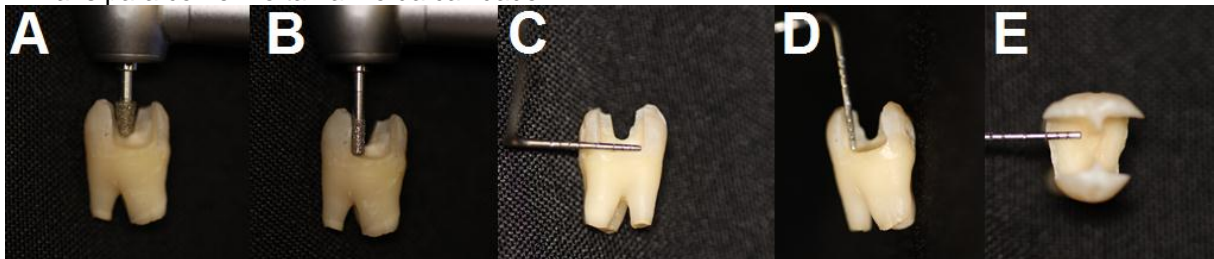
O estudo, aprovado pelo Comitê de Ética Local (2.896.938 / 2018), utilizou 84 terceiros molares superiores e inferiores hígidos ( $n = 7$ ) que foram retirados do Banco de Dentes da Universidade Estadual de Ponta Grossa para o estudo. Os critérios de inclusão foram terceiros molares em bom estado de conservação, intactos e de tamanho semelhantes entre eles. Os critérios de exclusão foram

dentos que apresentavam alterações de esmalte e/ou dentina, cariados ou com restaurações.

As cavidades Classe II (MOD) padronizadas foram confeccionadas nos dentes com auxílio de broca diamantada número 2133 (KG Sorensen, Barueri, SP, Brasil) para as caixas proximais e broca diamantada tronco-cônica com extremo arredondado número 3131 para a caixa oclusal (KG Sorensen, Barueri, SP, Brasil) em turbina alta rotação sob irrigação constante por operador previamente calibrado.

A cavidade foi confeccionada na caixa oclusal com a largura e profundidade compatível com a broca, e posicionada equidistante das cúspides vestibular e lingual. As caixas proximais foram confeccionadas com a largura de 5 mm, altura de 5 mm a partir do ângulo cavo-superficial lingual e profundidade de 3 mm. Os tamanhos foram conferidos com o auxílio de uma sonda periodontal de Willians (Golgran, São Paulo, SP, Brasil) (Figura 4).

**Figura 4** - Confeção do preparo cavitário. Em A e B pode-se observar a confecção das caixas oclusais e proximais, respectivamente. Em C, D e E pode-se observar o uso da sonda periodontal de Willians para conferir o tamanho da cavidade



Fonte: O autor

#### 4.4 TÉCNICA RESTAURADORA E EXPOSIÇÃO AO FOTOPOLIMERIZADOR

Após a confecção dos preparos cavitários, jato de ar e água foi aplicado nas cavidades para remoção de resíduos, sendo então secas com jato de ar isento de óleo ou água. O sistema adesivo Single Bond Universal(3M ESPE, St. Paul, MN, USA) foi aplicado no modo *total-etching* de acordo com as instruções do fabricante.

Após a aplicação e fotoativação dos sistemas adesivos, uma matriz metálica do tipo *boomerang* foi posicionada ao redor do dente com auxílio de porta-matriz de Tofflemire (TDV, Pomerode, SC, Brasil) de modo que não houve nenhum espaço visível entre a matriz e a borda da parede cervical. A resina composta Tetric N-Ceram *Bulk Fill* (TNC, Ivoclar Vivadent, Principado de Lichestein, Austria) foi inserida

na cavidade em incremento de 4 mm, fotoativada e foi realizada uma camada adicional de 1 mm da mesma resina. A resina composta Filtek *Bulk Fill Flow* (FBF, 3M ESPE, St, Paul, MN, EUA) foi inserida em incremento de 4mm, fotoativada e coberta com resina Z250 (3M ESPE, St, Paul, MN, EUA) em incremento de 1mm. A resina composta SureFill SDR (SDR, Dentsply Sirona, York, PA, EUA) foi inserida em incremento de 4 mm, fotoativada e coberta por resina composta TPH Spectrum (DentsplySirona, York, PA, EUA), também em incremento de 1 mm. Os procedimentos restauradores utilizando as resinas compostas foram realizados de acordo com as instruções dos fabricantes e as resinas compostas foram então fotoativadas de acordo com cada grupo experimental como pode ser observado na Tabela 1. Nos momentos das fotoativações, os fotopolimerizadores eram posicionados no centro da face oclusal, sempre na mesma posição, simulando o posicionamento na boca do paciente. Os dentes restaurados ficaram imersos em água destilada por 24 h, para então serem submetidos aos testes. Quarenta e dois dentes foram avaliados após 24 h, enquanto os 42 dentes restantes foram submetidos à simulação de envelhecimento por meio de termociclagem.

**Tabela 1** - Materiais, fotopolimerizadores e tempos (s) de exposição utilizados.

Grupos		Unidades de Fotopolimerização	
		Baixo custo	<i>Polywave</i>
<b>Grupo 1</b>			
Primeira camada (4 mm): Tetric® N-Ceram Bulk Fill (Ivoclar)	<b>TNC</b>	10 s	11 s
Segunda camada (1 mm): Tetric® N-Ceram Bulk Fill (Ivoclar)		10 s	11 s
<b>Grupo 2</b>			
Primeira camada (4 mm): SureFil® SDR® Flow (Dentsply)	<b>SDR</b>	10 s	11 s
Segunda camada (1 mm): TPH™ Spectrum (Dentsply)		20 s	21 s
<b>Grupo 3</b>			
Primeira camada (4mm): Filtek™ Bulk Fill (3M)	<b>FBF</b>	10 s	11 s
Segunda camada (1mm): Filtek <sup>MR</sup> Z250 XT (3M)		20 s	21 s

#### 4.5 SIMULAÇÃO DE ENVELHECIMENTO POR MEIO DE TERMOCICLAGEM

Para a realização da termociclagem, os dentes restaurados foram devidamente submetidos a 25.000 termociclos (temperaturas de  $5 \pm 1$  °C e  $55 \pm 1$  °C em câmaras de água, por 15s por banho) em uma termocicladora (Odeme, Luzerna, SC, Brasil) para simular o envelhecimento dentro da cavidade ora, em aproximadamente 2 anos e meio de uso clínico.

Após a termociclagem os dentes foram armazenados em água destilada.

#### 4.6 CONFEÇÃO DOS CORPOS-DE-PROVA PARA ANÁLISE DAS PROPRIEDADES

Para avaliar a dureza Vickers e resistência de união após 24 h e após a termociclagem, os terceiros molares restaurados foram adaptados a roscas de garrafas do tipo pet, previamente preenchidas por resina acrílica incolor e fixadas por cera pegajosa. Os dentes foram seccionados paralelamente ao seu longo eixo no sentido méso-distal, originando fatias com aproximadamente 1 mm de espessura, com auxílio de disco de diamante em máquina de corte (ISOMET 1000, Buehler, Lake Bluff, IL, EUA) na velocidade de 300 rotações por minuto (rpm). A fatia mais externa de uma das caixas proximais restauradas com uma espessura de  $0,8 \pm 0,1$  mm (Figura 5) foi utilizada para a avaliação de dureza do topo e base da superfície de resina composta da face proximal.

**Figura 5** - Fatia proximal obtida.



Fonte: O autor

## 4.7 AVALIAÇÃO DA DUREZA VICKERS

### 4.7.1 Polimento das amostras

As fatias foram polidas com papel abrasivo de carboneto de silício e irrigação constante em água corrente na ordem decrescente de granulação: 1200, 2000, 2400, respectivamente. Após isso, foi utilizado um pano auto-adesivo para polimento metalográfico (AROTEC S/A© Ind. e Comércio, FVL, SP, Brasil) com 200 mm de diâmetro, modelo RAM e uma pasta de diamante (AROTEC S/A© Ind. e Comércio, tipo S, SP, Brasil) 6 µm para dar o polimento final das amostras, tornando-as mais regulares e menos rugosas, facilitando a visualização das endentações quando submetidas ao teste de microdureza.

### 4.7.2 Avaliação da dureza Vickers

Após o devido polimento, a fatia selecionada para análise da dureza foi colocada no microdurômetro SHIMADZU HMV (Newage Testing Instruments, Southampton, PA, EUA). Foram realizadas em triplicata, sendo 3 endentações no centro do terço oclusal e outras 3 foram realizadas próxima à interface do terço cervical, no meio da distância vestibulo-lingual. Quando realizadas no terço oclusal de resinas *bulk fill flow*, as edentações eram realizadas logo abaixo da camada de resina composta convencional. Neste equipamento, foi utilizada uma carga de 100 g (0,98 N) e um tempo de permanência de 10 s. A seguinte fórmula foi utilizada para calcular o número de dureza Vickers (VHN), que é a razão entre a carga aplicada no endentador P (kgf) e a área superficial de impressão em mm<sup>2</sup>:

$$VHN = \frac{P}{A} = \frac{P}{CpL^2}$$

Onde:

“P” é a carga aplicada em kgf;

“A” é a área superficial de impressão em mm<sup>2</sup>;

“L” é o comprimento da impressão (em mm) ao longo da diagonal maior;

“Cp” é a constante relacionada com a área do recuo (0, 70).

#### 4.8 AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE UNIÃO

Após a remoção da fatia utilizada para avaliação da dureza, os dentes restaurados foram seccionados em série no sentido vestibulo-lingual, originando espécimes em formato de "palitos" com aproximadamente 1,0 mm de largura e espessura, resultando em uma área de secção transversal de 1,0 mm<sup>2</sup>. Após isso, os palitos foram armazenados em recipientes escuros e em água destilada.

Após 24 h do corte, a área de secção transversal (mm<sup>2</sup>) foi medida com um paquímetro digital Digimess (São Paulo, SP, Brasil) e palitos foram visualizados em microscópio óptico para observação da interface adesiva. Todos os palitos foram então fixados individualmente em um dispositivo Giraldeli (Perdigao et al. <sup>51</sup> 2002; Siqueira et al. <sup>52</sup> 2018) com cola de cianoacrilato (Super Bonder, Loctite, Henkel Corporation, Ohio, EUA) pelas extremidades para posicionar a área de adesão perpendicular ao longo eixo da força de tração. Este dispositivo foi acoplado na máquina de ensaio universal (KRATOS®, Cotia, São Paulo, Brasil) e os espécimes foram tracionados até a ruptura. Quando houve a fratura, o movimento cessou e os dados de resistência de união em megapascal (MPa) foram anotados. Para análise do padrão de fratura as superfícies de dentina e resina da área de adesão foram secas e uma inspeção com microscópio óptico foi realizada. Falhas prematuras foram quantificadas porém não foram consideradas como zero durante a tabulação e análise dos dados.

Os padrões de fratura foram classificados em: fraturas coesivas em dentina, fraturas coesivas em restauração, fraturas adesivas e fraturas mistas. Falhas prematuras foram registradas e excluídas da amostra.

#### 4.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA

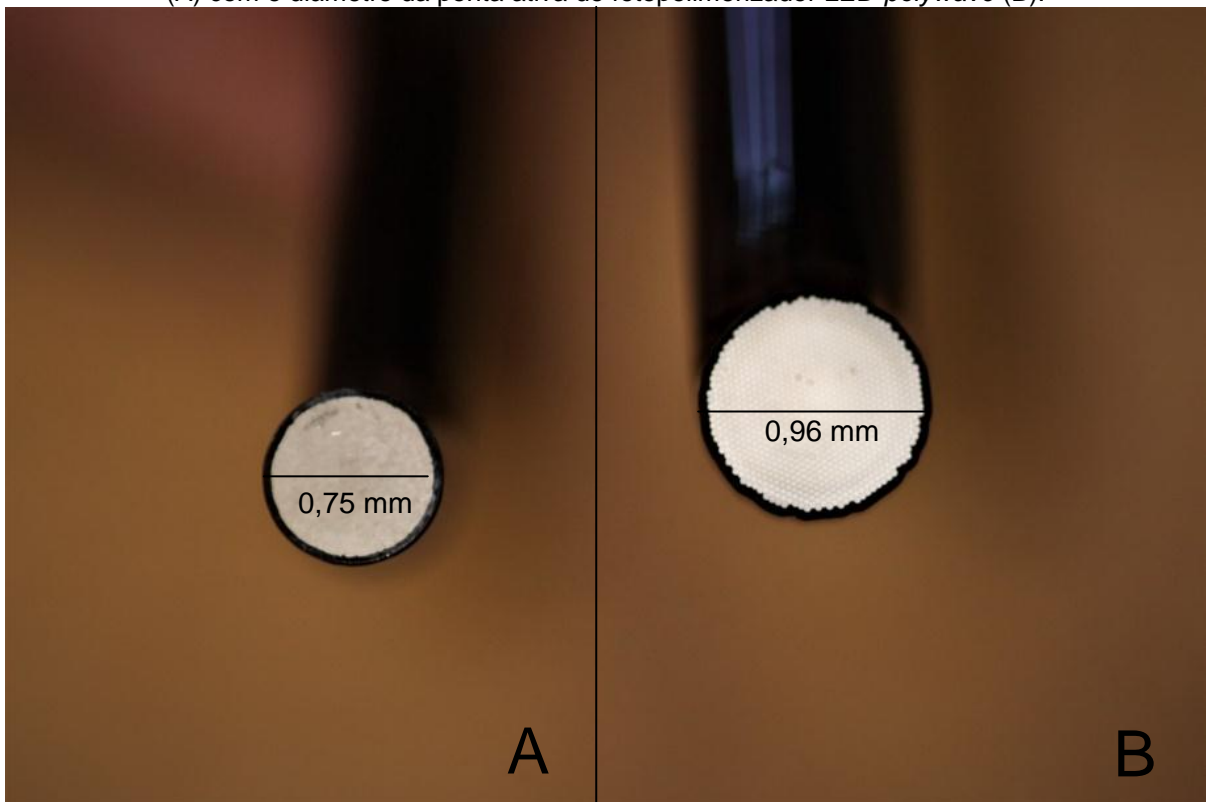
A distribuição dos dados foi avaliada por meio do teste de Shapiro-Wilk ( $\alpha=0,05$ ). Para a atenuação de luz utilizou-se o teste t pareado. Os resultados de dureza foram analisados por meio de ANOVA 2 fatores com medidas repetidas seguidas pelo teste de Bonferroni ( $\alpha=0,05$ ). Os resultados de resistência de união foram avaliados por meio de ANOVA 2 fatores seguida pelo teste de Tukey ( $\alpha=0,05$ ). Não foram realizadas comparações entre produtos.

## 5. RESULTADOS

### 5.1 ANÁLISE ESPECTRAL DA LUZ EMITIDA PELO FOTOPOLIMERIZADOR LED

No presente estudo foram utilizados dois fotopolimerizadores LED : um fotopolimerizador *polywave* de alta potência (Bluephase 20i, Ivoclar Vivadent, Principado de Schaan, Liechtenstein) e um de baixo custo (Rainbow Curing light, SML, China). Os diâmetros das pontas dos fotopolimerizadores foram medidos e obtiveram-se os valores de 0,96 mm para o *polywave* e de 0,75 mm para o de baixo custo. A comparação entre pontas podem ser visualizadas na Figura 6.

**Figura 6** - Comparação do diâmetro de 8 mm da ponta ativa do fotopolimerizador LED de baixo custo (A) com o diâmetro da ponta ativa do fotopolimerizador LED *polywave* (B).



Fonte: O autor

A irradiância registrada ( $\text{mW} / \text{cm}^2$ ) após posicionamento dos fotopolimerizadores a 5 mm de distância da esfera integradora foi de  $890 \text{ mW} / \text{cm}^2$  para o fotopolimerizador LED *polywave* e de  $970 \text{ mW/cm}^2$  para o fotopolimerizador LED de baixo custo, como pode ser observado na Tabela 2.

**Tabela 2** – Fotopolimerizadores utilizados no estudo e irradiância obtida.

	<b>Diâmetro da ponta (mm)</b>	<b>Potência (mW)</b>	<b>Irradiância (mW/cm<sup>2</sup>)</b>
<b>Bluephase 20i (Ivoclar Vivadent)</b>	0,96	630,8 mW	890 mW / cm <sup>2</sup>
<b>Rainbow Curing light (SML)</b>	0,75	428,5 mW	970 mw / cm <sup>2</sup>

A transmissão de luz na base dos dentes restaurados também foi obtida (%), como pode ser visualizado na Tabela 3. Para todos os materiais restaurados, o fotopolimerizador LED de baixo custo apresentou estatisticamente maiores valores de transmissão de luz na base quando comparado com o fotopolimerizador LED *polywave*.

**Tabela 3** – Porcentagem de transmissão de luz na base dos dentes restaurados.

	<b>Bluephase 20i (Ivoclar Vivadent)</b>	<b>Rainbow Curing Light (SML)</b>
<b>SureFil® SDR® Flow</b>	1,8 (1,0) B	3,2 (1,8) A
<b>Tetric® N-Ceram Bulk Fill</b>	3,3 (0,7) B	5,7 (1,7) A
<b>Filtek™ Bulk Fill</b>	1,4 (0,2) B	2,8 (0,4) A

Médias seguidas por letras distintas são estatisticamente diferentes ( $\alpha = 0,05$ ) para o teste t pareado. Não foi realizada comparação entre produtos.

Na Tabela 4 pode-se visualizar o tempo total de exposição aos fotopolimerizadores para cada material e exposição radiante no topo da restauração.

**Tabela 4** - Tempo total de exposição aos fotopolimerizadores LED e exposição radiante no topo

<b>Produto</b>	<b>Fotopolimerizador</b>	<b>Tempo total</b>	<b>Exposição radiante no topo (J/cm<sup>2</sup>)</b>
<b>SureFil® SDR® Flow</b>	<b>Bluephase 20i</b>	32	20,2
	<b>Rainbow</b>	30	29,1
<b>Tetric® N-Ceram Bulk Fill</b>	<b>Bluephase 20i</b>	22	19,58
	<b>Rainbow</b>	20	19,4
<b>Filtek™ Bulk Fill</b>	<b>Bluephase 20i</b>	32	20,2
	<b>Rainbow</b>	30	29,1



## 5.2 ANÁLISE DA DUREZA VICKERS

Os valores de dureza VHN e desvio padrão das resinas em topo e base, nos intervalos de 24 h e termociclagem podem ser visualizados nas Tabelas 5, 6 e 7.

**Tabela 5** - Dureza Vickers (Desvio-padrão) da resina TNC em dois intervalos.

		Topo	Base
24 h	<b>Polywave</b>	87,6 (6,3) Aa	73,1 (5,6) Ab
	<b>Baixo Custo</b>	74,2 (3,1) Ba	65,3 (5,1) Bb
		Topo	Base
Termociclagem	<b>Polywave</b>	88,7 (4,1) Aa	75,4 (5,5) Ab
	<b>Baixo Custo</b>	79,6 (6,2) Ba	73,1 (7,0) Ab

Médias seguidas por letras diferentes (Maiúscula: entre linhas; minúscula: entre colunas) são significativamente diferentes ( $\alpha = 0,05$ ). Não foram realizadas comaprações entre diferentes tempos.

**Tabela 6** - Dureza Vickers (Desvio-padrão) da resina SDR em dois intervalos.

		Topo	Base
24 h	<b>Polywave</b>	83,4 (1,7) Aa	64,9 (2,6) Ab
	<b>Baixo Custo</b>	61,8 (7,2) Ba	54,1 (7,0) Bb
		Topo	Base
Termociclagem	<b>Polywave</b>	81,4 (2,4) Aa	73,0 (3,8) Ab
	<b>Baixo Custo</b>	62,2 (2,5) Ba	52,9 (3,6) Bb

Médias seguidas por letras diferentes (Maiúscula: entre linhas; minúscula: entre colunas) são significativamente diferentes ( $\alpha = 0,05$ ). Não foram realizadas comaprações entre diferentes tempos.

**Tabela 7** - Dureza Vickers (Desvio-padrão) da resina FBF em dois intervalos.

		Topo	Base
24 h	<b>Polywave</b>	54,1 (4,2) Aa	46,9 (5,3) Ab
	<b>Baixo Custo</b>	51,7 (5,2) Aa	44,7 (2,7) Ab
		Topo	Base
Termociclagem	<b>Polywave</b>	59,7 (3,1) Aa	53,9 (3,1) Ab
	<b>Baixo Custo</b>	53,7 (5,2) Ba	45,4 (5,6) Bb

Médias seguidas por letras diferentes (Maiúscula: entre linhas; minúscula: entre colunas) são significativamente diferentes ( $\alpha = 0,05$ ). Não foram realizadas comparações entre diferentes tempos.

Quando avaliado o intervalo de 24 h, a ANOVA detectou significância para os fatores "fotopolimerizador" e "região" para as resinas TNC e SDR. Deste modo, os valores de VHN na base foram significativamente inferiores àqueles observados no topo, independentemente do fotopolimerizador utilizado. A luz emitida pelo fotopolimerizador LED *polywave* promoveu maiores valores de VHN do que a luz emitida pelo LED de baixo custo. Para a FBF, não foi observada diferença nos valores de dureza entre os grupos fotoativados pelo LED *polywave* e aqueles fotoativados pelo LED de baixo custo, e os valores de dureza no topo foram superiores àqueles observados na base.

Quando analisados após termociclagem, os valores de VHN na base foram significativamente inferiores àqueles observados no topo independentemente do fotopolimerizador utilizado para as resinas SDR e TNC. Porém, para TNC, a luz emitida pelo fotopolimerizador LED *polywave* promoveu maiores valores de VHN do que a luz emitida pelo LED de baixo custo apenas na região de topo. Já para SDR, a luz emitida pelo fotopolimerizador LED *polywave* promoveu maiores valores de VHN do que a luz emitida pelo LED de baixo custo para topo e base. FBF obteve maiores valores de dureza quando o LED *polywave* foi utilizado, com maiores valores de VHN no topo.

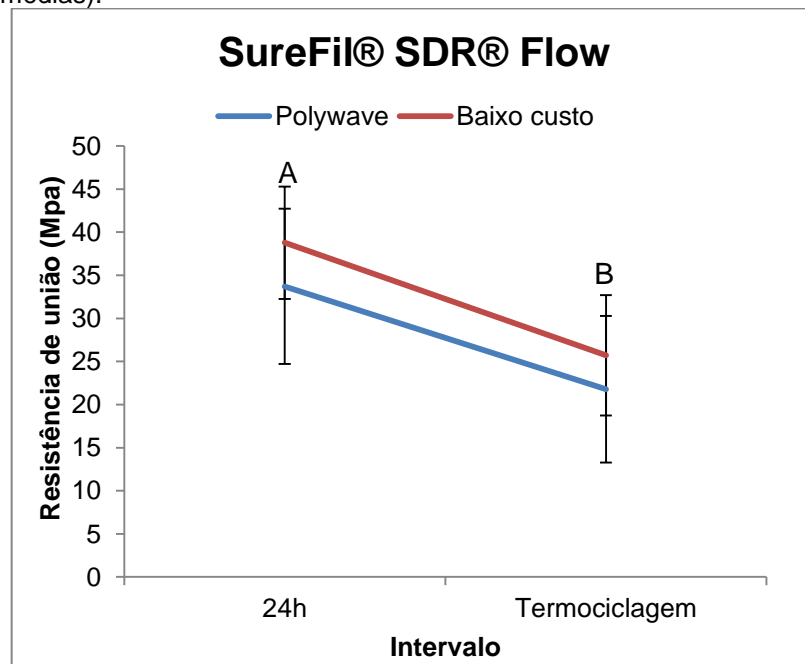
### 5.3 ANÁLISE DA RESISTÊNCIA DE UNIÃO

A resistência de união das resinas SDR, TNC e FBF quando utilizados os fotopolimerizadores LED *polywave* e de baixo custo nos intervalos de 24h e após termociclagem podem ser visualizados nos Gráficos 1, 2 e 3, respectivamente.

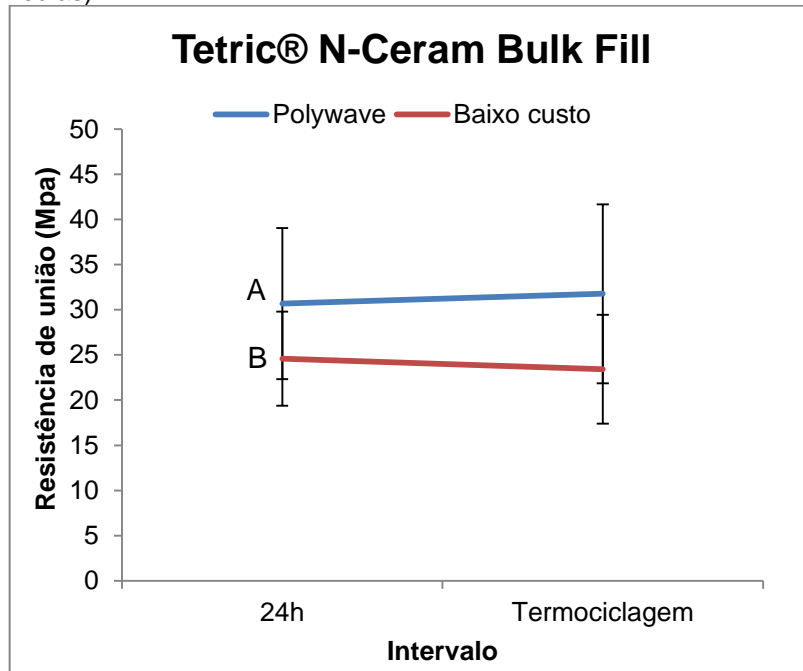
Quando comparamos os fotopolimerizadores LED *polywave* e de baixo custo, apenas para a resina de alta viscosidade TNC observou-se diferença significativa, com valores superiores para o fotopolimerizador LED *polywave* ( $p= 0,048$ ). Para as resinas *bulk fill* de baixa viscosidade SDR e FBF não foi observado diferenças significativas de valores de resistência para os fotopolimerizadores utilizados.

Após termociclagem, as resinas de baixa viscosidade SDR e FBF obtiveram valores significativamente menores de resistência de união quando comparados com os grupos 24 h ( $p = 0,01$  e  $p = 0,026$ , respectivamente). Não houve diferença significativa nos valores para a resina de alta viscosidade TNC quando comparados os intervalos 24 h e após termociclagem.

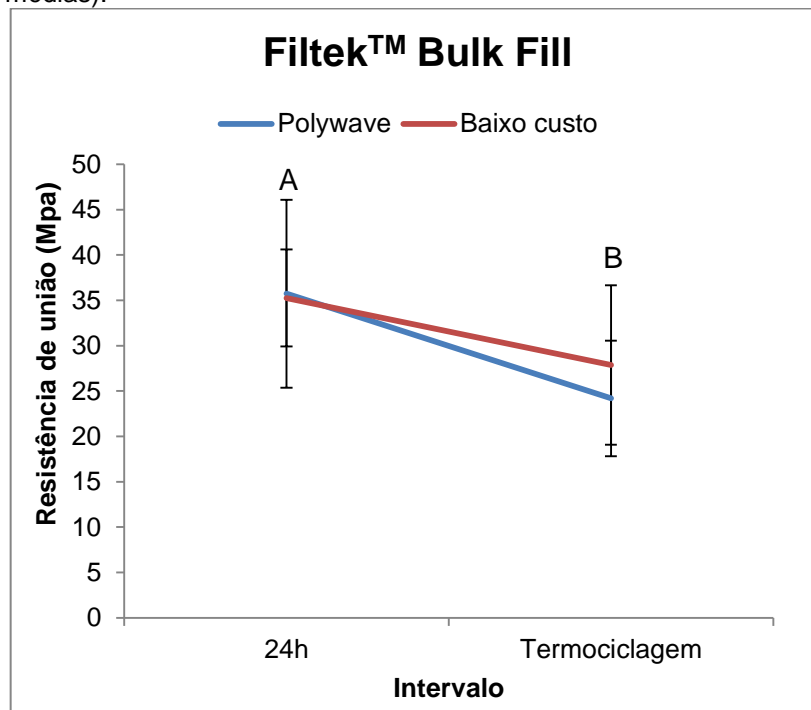
**Gráfico 1** - Resistência de União (Mpa) para a resina SDR com fotopolimerizadores *polywave* e baixo custo, nos grupos 24 h e após termociclagem (Letras maiúsculas indicam diferença significante entre médias).



**Gráfico 2** - Resistência de União (Mpa) para a resina TNC com fotopolimerizadores polywave e baixo custo, nos grupos 24 h e após termociclagem (Letras maiúsculas indicam diferença significativa entre médias).



**Gráfico 3** - Resistência de União (Mpa) para a resina FBF com fotopolimerizadores polywave e baixo custo, nos grupos 24h e após termociclagem (Letras maiúsculas indicam diferença significativa entre médias).



#### 5.4 PADRÃO DE FRATURA

Na Tabela 8 pode ser observado o número de fraturas prematuras. Estas fraturas prematuras foram observadas previamente ao teste de microtração e ocorreram pelo desprendimento prematuro da restauração ao dente no palito confeccionado.

Pode ser observado um maior número de fraturas prematuras no grupo FBF polimerizado com LED *polywave* com porcentagem de 36,84%, e um menor número de fraturas para o grupo TNC polimerizado com LED de baixo custo, valor de 11,11%.

**Tabela 8** - Fraturas prematuras antes do teste de microtração (valores em porcentagem)

Grupos		Falhas Prematuras (%)	
<b>Polywave Bluephase 20i (Ivoclar)</b>	Sem termociclagem	<b>TNC</b>	11,11
		<b>SDR</b>	25,00
		<b>FBF</b>	36,84
	Com termociclagem	<b>TNC</b>	35,00
		<b>SDR</b>	30,43
		<b>FBF</b>	12,50
<b>Baixo Custo Rainbow Curing Light (SML)</b>	Sem termociclagem	<b>TNC</b>	15,38
		<b>SDR</b>	14,28
		<b>FBF</b>	13,33
	Com termociclagem	<b>TNC</b>	15,79
		<b>SDR</b>	35,71
		<b>FBF</b>	23,80

Analisando o padrão de fratura (Tabela 9), o número de fraturas coesivas em dentina foi maior para o grupo SDR fotopolimerizado com LED de baixo custo e sem termociclagem (33,3) e nulo para os grupos não termocicladados FBF fotopolimerizado com LED de baixo custo e SDR fotopolimerizado com LED *polywave*, e para os grupos termocicladados TNC fotopolimerizados com ambos os fotopolimerizadores (0,0). O número de fraturas coesivas em restauração foi maior para o grupo termociclado TNC fotopolimerizador com LED de baixo custo (31,3) e nulo para os grupo não termociclado TNC fotopolimerizado com LED de baixo custo e para os grupos termociclado SDR e FBF polimerizados com LED *polywave* (0,0). Quando foram analisadas as fraturas adesivas, identificou-se maior valor para o grupo FBF fotopolimerizado com LED *polywave* e não termociclado (66,7) e menor para o grupo SDR fotopolimerizado com LED de baixo custo e não termociclado (8,3). Fraturas mistas tiveram seu maior valor para o grupo sem termociclagem TNC fotopolimerizado com LED *polywave* (50,0) e nulo para o grupo sem termociclagem FBF fotopolimerizado com LED *polywave* (0,0).

**Tabela 9** - Padrão de fratura constatado após teste de microtração

		Número de fraturas coesivas em dentina (%)	Número de fraturas coesivas em restauração (%)	Número de fraturas adesivas (%)	Número de fraturas mistas (%)		
<b>Polywave Bluephase 20i (Ivoclar)</b>	Sem termociclagem	<b>TNC</b>	6,3	18,8	25,0	50,0	
		<b>SDR</b>	0,0	5,6	50,0	44,4	
		<b>FBF</b>	25,0	8,3	66,7	0,0	
	Com termociclagem	<b>TNC</b>	0,0	15,4	46,2	38,5	
		<b>SDR</b>	12,5	0,0	50,0	37,5	
		<b>FBF</b>	14,3	0,0	57,1	28,6	
	<b>Rainbow (SML)</b>	Sem termociclagem	<b>TNC</b>	27,3	0,0	72,7	0,0
			<b>SDR</b>	33,3	25,0	8,3	33,3
			<b>FBF</b>	0,0	30,8	61,5	7,7
Com termociclagem		<b>TNC</b>	0,0	31,3	50,0	18,8	
		<b>SDR</b>	16,7	11,1	33,3	38,9	
		<b>FBF</b>	6,3	25,0	37,5	31,3	

## 6. DISCUSSÃO

No presente estudo, os valores dureza das resinas TNC e SDR na região mais externa face proximal de restaurações de cavidades Classe II foram significativamente superiores quando utilizado o fotopolimerizador *polywave* em comparação aos valores obtidos utilizando-se o fotopolimerizador de baixo custo, tanto no topo quanto na base, após 24 h e após termociclagem na maioria dos grupos. Deste modo, a primeira hipótese (1) de que não há diferença na dureza de resinas *bulk fill* na face proximal de restaurações quando fotoativadas com LED *polywave* ou de baixo custo foi rejeitada. Uma vez que a análise da irradiância total dos fotopolimerizadores avaliados e a irradiância atenuada da luz ao atravessar os dentes restaurados mostrou que o fotopolimerizador de baixo custo apresenta maior irradiância e a luz emitida apresentou menor atenuação ao atravessar o dente restaurado em comparação à luz emitida pelo fotopolimerizador *polywave*. Ao contrário dos valores encontrados no estudo de Maghaireh et al.<sup>53</sup> (2019), que compararam a dureza de resinas *bulk fill* utilizando um fotopolimerizador LED *polywave* e um LED de apenas um comprimento de onda com exposições radiantes semelhantes. Foi observado que o amplo espectro do LED *polywave* usado no estudo não melhorou a polimerização das resinas testadas devido exposição radiante semelhante, a dureza foi minimamente influenciada pelo fotopolimerizador utilizado. Porém, o LED de um comprimento de onda utilizado no estudo não era de baixo custo.

Os resultados reforçam a importância do diâmetro da ponta do fotopolimerizador e da distribuição do feixe de luz na efetividade de fotopolimerizadores em promover adequada polimerização (Rueggeberg et al.<sup>19</sup> 2017; AlShaafi et al.<sup>54</sup> 2016), principalmente em regiões mais externas da resina, como a região mais externa da caixa proximal de uma restauração Classe II. Em outras palavras, a utilização de uma ponteira com 10 mm de diâmetro permitiu que a luz emitida pelo fotopolimerizador *polywave* cobrisse toda a superfície oclusal do dente restaurado, possibilitando que a luz atingisse com maior irradiância tanto o topo como também a base. Além disso, o fotopolimerizador *polywave* avaliado apresenta uma distribuição de feixe de luz mais homogênea do que o de baixo custo (AlShaafi et al.<sup>54</sup> 2016). Deste modo, tais diferenças também justificam os valores



de dureza menores encontrados também no topo da restauração. Cabe salientar que o método utilizado para avaliar a irradiância total e atenuada não leva em consideração as regiões da ponteira onde a luz é emitida com maior e menor irradiância, bem como não avalia em quais regiões da base da restauração a luz apresentou maior ou menor irradiância. Deste modo, é possível que ao atravessar o dente restaurado, a luz emitida pelo fotopolimerizador de baixo custo tenha sua maior irradiância concentrada apenas no centro do dente. Estudos adicionais utilizando metodologia apropriada são necessários para responder estas questões.

Contrariamente aos resultados observados nas resinas TNC e SDR após 24 h, nenhuma diferença significativa na dureza da resina FBF foi observada no topo ou na base após 24 h quando comparados os grupos fotoativados com LED *polywave* e aqueles fotoativados com LED de baixo custo, o que provavelmente está relacionado a sua composição, já que contém dimetacrilato de uretano (UDMA) e a copolimerização de bisfenol A-glicidilmetacrilato (bis-GMA) com UDMA ou trietilenodimetacrilato de glicol (TEGDMA), que aumenta o grau conversão e cria uma rede polimérica densa, rígida e altamente reticulada (Maghaireh et al. <sup>53</sup> 2019; Goncalves et al. <sup>55</sup> 2010).

A segunda hipótese de pesquisa (2) foi rejeitada. Houve diferença de valores de resistência de união na parede cervical de caixas proximais de cavidades Classe II restauradas com *bulk fill* entre fotopolimerizadores LED *polywave* e de baixo custo. Apenas a resina de alta viscosidade TNC obteve valores superiores para o fotopolimerizador LED *polywave* ( $p = 0,048$ ). Isto corrobora com o estudo de Pereira et al.<sup>47</sup> (2019), onde utilizando um LED *polywave* encontraram maior valor de resistência de união para a resina de alta viscosidade do que para a resina de baixa viscosidade. As resinas *bulk fill* de baixa viscosidade SDR e FBF não obtiveram diferenças entre os fotopolimerizadores utilizados. Isto pode ser explicado pela presença da Ivocerina, fotoiniciador alternativo, que possui uma polimerização mais rápida e maior em profundidade, reatividade superior à fotopolimerização, com uma ampla faixa de comprimento de onda de 370 nm a 460 nm em comparação com a canforoquinona (Moszner et al. <sup>33</sup> 2008; Alkhudhairy et al. <sup>56</sup> 2018). Uma vez que o fotopolimerizador de baixo custo não possui chip LED que emita luz no comprimento de excitação do fotoiniciador Ivocerim, uma maior profundidade de polimerização pode ser esperada para grupos fotopolimerizados pelo LED *polywave*.

A terceira hipótese (3) também foi rejeitada. Após termociclagem, as resinas de baixa viscosidade SDR e FBF obtiveram valores significativamente menores de resistência de união quando comparados com os grupos 24 h. Os resultados corroboram os achados de Mitsui et al.<sup>58</sup> (2006), que mostraram que a termociclagem foi responsável por falhas coesivas em resina, sugerindo que o gradiente de alta temperatura aplicado no teste laboratorial pode ter alterado a propriedades e também afetado a adesão. Os valores menores de resistência de união após termociclagem estão de acordo com estudos previamente realizados (Salagalla et al.<sup>48</sup> 2018; Mitsui et al.<sup>57</sup> 2006), onde há indício da degradação da união com o envelhecimento. A termociclagem aumenta o número de falhas devido à degradação parcial da interface resina-dentina com o envelhecimento (Salagalla et al.<sup>48</sup> 2018).

Não houve diferença significativa nos valores de resistência de união para a resina TNC quando comparados os intervalos 24 h e após termociclagem. As resinas *bulk fill* contendo alta concentração molecular de monômeros de alto peso molecular podem ser menos afetados pela ciclagem térmica (Hatipoglu et al.<sup>58</sup> 2019). Esse fator pode ter deixado a resina TNC menos susceptível à degradação por mudanças de temperatura (Hatipoglu et al.<sup>58</sup> 2019).

Mesmo a técnica *etch-and-rinse* possuindo uma resistência de união superior à técnica *self-etch* (Karatas e Bayindir<sup>59</sup> 2018), o estudo apresentou consideráveis falhas prematuras. Estas falhas podem ser pela composição da dentina mais profunda, composta principalmente por túbulos dentinários maiores com dentina intertubular mínima (Salagalla et al.<sup>48</sup> 2018) e também pela termociclagem (Salagalla et al.<sup>48</sup> 2018; Mitsui et al.<sup>57</sup> 2006).

Pode-se observar uma quantidade significativa de fraturas coesivas em resina no grupo termociclado com fotopolimerizador LED de baixo custo. LEDs de baixo custo têm diâmetros de ponta menores e níveis mais altos de emissão de energia não uniforme na extremidade da ponta emissora em comparação com as unidades disponíveis dos principais fabricantes dentais (AlShaafi<sup>60</sup> 2017), podendo prejudicar a polimerização efetiva de toda a restauração.

No presente estudo, encontramos uma irradiância maior para o fotopolimerizador LED de baixo custo e uma ponteira com diâmetro de 0,75 mm. Não há na literatura artigo que estabeleça uma correlação entre a influência do tamanho do diâmetro da ponta de saída de luz do fotopolimerizador no que diz

respeito à profundidade de polimerização ou as propriedades encontradas em cavidades Classe II restauradas com resinas *bulk fill*. No entanto, este aspecto é algo que deve ser de preocupação do clínico, pois se a ponteira não abranger toda a restauração, certamente apenas uma fotoativação não será suficiente para fotopolimerização adequada da restauração, como observado no presente estudo. Segundo Price et al.<sup>50</sup> (2015), a área de feixe luminoso ativo pode ser de 10% a 20% menor do que a área da ponta do fotopolimerizador, podendo haver assim uma diferença entre o diâmetro óptico e o diâmetro ativo da ponta da luz. Então, a ponta do fotopolimerizador que já é menor, terá, por consequência, um tamanho menor ainda do diâmetro ativo, diferença esta que pode afetar propriedades da resina na hora de polimerizar uma grande restauração, como uma restauração de uma cavidade Classe II MOD.

O presente estudo avaliou os efeitos de um fotopolimerizador LED *polywave* e um fotopolimerizador LED de baixo custo nas propriedades mecânicas de dureza Vickers e resistência de união de resinas compostas *bulk fill* em restaurações de cavidades classe II (MOD) em terceiros molares hígidos. Deve-se salientar que muitos dos LEDs de baixo custo encontrados na *internet* nunca passaram por testes de organizações reguladoras (Rueggeberg et al.<sup>19</sup> 2017) e muitas dessas unidades têm pouca uniformidade do feixe de luz e boa manutenção dos níveis de saída de luz (AlShaafi<sup>60</sup> 2017). O presente estudo avaliou apenas um destes aparelhos disponíveis para a compra pelo clínico, porém resultados podem divergir de aparelho para aparelho. Estudos adicionais são necessários para que tais aspectos sejam melhor compreendidos.

## 7. CONCLUSÃO

Dentro das limitações do estudo, pode-se concluir que (1) há diferença na dureza de resinas compostas *bulk fill* quando fotopolimerizadas com LED *polywave* e LED de baixo custo, havendo valores maiores de VHN para as resinas SDR e TNC quando utilizado o LED *polywave*. O grupo FBF não obteve diferença significativa de valores de VHN entre fotopolimerizadores utilizados para o intervalo de 24 h; (2) apenas TNC obteve valores de resistência de união significativamente diferentes entre os fotopolimerizadores LED utilizados, onde o LED *polywave* obteve valores superiores quando comparado com o LED de baixo custo; (3) e a termociclagem reduziu a resistência de união em resinas *bulk fill* de baixa viscosidade.

## REFERÊNCIAS

1. Demarco FF, Correa MB, Cenci MS, Moraes RR, Opdam NJ. Longevity of posterior composite restorations: not only a matter of materials. *Dental materials* : official publication of the Academy of Dental Materials. 2012; Jan;28(1):87-101.
2. Ferracane JL. Resin composite--state of the art. *Dental materials* : official publication of the Academy of Dental Materials. 2011; Jan;27(1):29-38.
3. Veloso SRM, Lemos CAA, de Moraes SLD, do Egito Vasconcelos BC, Pellizzer EP, de Melo Monteiro GQ. Clinical performance of bulk-fill and conventional resin composite restorations in posterior teeth: a systematic review and meta-analysis. *Clinical oral investigations*. 2019; Jan;23(1):221-33.
4. Lazarchik DA, Hammond BD, Sikes CL, Looney SW, Rueggeberg FA. Hardness comparison of bulk-filled/transooth and incremental-filled/occlusally irradiated composite resins. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2007; Aug;98(2):129-40.
5. Alshali RZ, Salim NA, Satterthwaite JD, Silikas N. Post-irradiation hardness development, chemical softening, and thermal stability of bulk-fill and conventional resin-composites. *Journal of dentistry*. 2015; Feb;43(2):209-18.
6. Besegato JF, Jussiani EI, Andrello AC, Fernandes RV, Salomao FM, Vicentin BLS, et al. Effect of light-curing protocols on the mechanical behavior of bulk-fill resin composites. *Journal of the mechanical behavior of biomedical materials*. 2019; Feb;90:381-7.
7. Karacolak G, Turkun LS, Boyacioglu H, Ferracane JL. Influence of increment thickness on radiant energy and microhardness of bulk-fill resin composites. *Dental materials journal*. 2018; Mar 30;37(2):206-13.
8. Bellinaso MD, Soares FZM, Rocha RO. Do bulk-fill resins decrease the restorative time in posterior teeth? A systematic review and meta-analysis of in vitro studies. *Journal of investigative and clinical dentistry*. 2019; Sep 27:e12463.
9. Tardem C, Albuquerque EG, Lopes LS, Marins SS, Calazans FS, Poubel LA, et al. Clinical time and postoperative sensitivity after use of bulk-fill (syringe and capsule) vs. incremental filling composites: a randomized clinical trial. *Brazilian oral research*. 2019; Sep 16;33(0):e089.
10. Hasslen JA, Barkmeier WW, Shaddy RS, Little JR. Depth of cure of high-viscosity bulk-fill and conventional resin composites using varying irradiance exposures with a light-emitting diode curing unit. *Journal of oral science*. 2019; Aug 28;61(3):425-30.
11. Rizzante FAP, Duque JA, Duarte MAH, Mondelli RFL, Mendonca G, Ishikiriyama SK. Polymerization shrinkage, microhardness and depth of cure of bulk fill resin composites. *Dental materials journal*. 2019; Jun 1;38(3):403-10.

12. Lins RBE, Aristilde S, Osorio JH, Cordeiro CMB, Yanikian CRF, Bicalho AA, et al. Biomechanical behaviour of bulk-fill resin composites in class II restorations. *Journal of the mechanical behavior of biomedical materials*. 2019; Oct;98:255-61.
13. Jandt KD, Mills RW. A brief history of LED photopolymerization. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*. 2013; Jun;29(6):605-17.
14. Milly H, Banerjee A. Evaluating the Clinical Use of Light-emitting Diode vs Halogen Photocuring Units. *Oral health & preventive dentistry*. 2018;16(1):21-5.
15. Omid BR, Gosili A, Jaber-Ansari M, Mahdkhah A. Intensity output and effectiveness of light curing units in dental offices. *Journal of clinical and experimental dentistry*. 2018; Jun;10(6):e555-e60.
16. Mahant RH, Chokshi S, Vaidya R, Patel P, Vora A, Mahant P. Comparison of the Amount of Temperature Rise in the Pulp Chamber of Teeth Treated With QTH, Second and Third Generation LED Light Curing Units: An In Vitro Study. *Journal of lasers in medical sciences*. 2016; Summer;7(3):184-91.
17. Bayindir F, Ilday NO, Bayindir YZ, Karatas O, Gurpinar A. Color changes in resin cement polymerized with different curing lights under indirect restorations. *Journal of conservative dentistry : JCD*. 2016; Jan-Feb;19(1):46-50.
18. Gan JK, Yap AU, Cheong JW, Arista N, Tan C. Bulk-Fill Composites: Effectiveness of Cure With Poly- and Monowave Curing Lights and Modes. *Operative dentistry*. 2018; Mar/Apr;43(2):136-43.
19. Rueggeberg FA, Giannini M, Arrais CAG, Price RBT. Light curing in dentistry and clinical implications: a literature review. *Brazilian oral research*. 2017; Aug 28;31(suppl 1):e61.
20. Shimokawa CAK, Turbino ML, Giannini M, Braga RR, Price RB. Effect of light curing units on the polymerization of bulk fill resin-based composites. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*. 2018; Aug;34(8):1211-21.
21. Jadhav S, Hegde V, Aher G, Fajandar N. Influence of light curing units on failure of direct composite restorations. *Journal of conservative dentistry : JCD*. 2011; Jul;14(3):225-7.
22. Beolchi RS, Moura-Netto C, Palo RM, Rocha Gomes Torres C, Pelissier B. Changes in irradiance and energy density in relation to different curing distances. *Brazilian oral research*. 2015;29.
23. Buonocore MG. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *Journal of dental research*. 1955; Dec;34(6):849-53.
24. Swift EJ, Jr., Perdigao J, Heymann HO. Bonding to enamel and dentin: a brief history and state of the art, 1995. *Quintessence international (Berlin, Germany : 1985)*. 1995; Feb;26(2):95-110.

25. Han SH, Park SH. Incremental and Bulk-fill Techniques With Bulk-fill Resin Composite in Different Cavity Configurations. *Operative dentistry*. 2018; Nov/Dec;43(6):631-41.
26. Chandrasekhar V, Rudrapati L, Badami V, Tummala M. Incremental techniques in direct composite restoration. *Journal of conservative dentistry : JCD*. 2017; Nov-Dec;20(6):386-91.
27. Chikawa H, Inai N, Cho E, Kishikawa R, Otsuki M, Foxton RM, et al. Effect of incremental filling technique on adhesion of light-cured resin composite to cavity floor. *Dental materials journal*. 2006; Sep;25(3):503-8.
28. Bicalho AA, Pereira RD, Zanatta RF, Franco SD, Tantbirojn D, Versluis A, et al. Incremental filling technique and composite material--part I: cuspal deformation, bond strength, and physical properties. *Operative dentistry*. 2014; Mar-Apr;39(2):E71-82.
29. Opdam NJ, Feilzer AJ, Roeters JJ, Smale I. Class I occlusal composite resin restorations: in vivo post-operative sensitivity, wall adaptation, and microleakage. *American journal of dentistry*. 1998; Oct;11(5):229-34.
30. Park J, Chang J, Ferracane J, Lee IB. How should composite be layered to reduce shrinkage stress: incremental or bulk filling? *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*. 2008; Nov;24(11):1501-5.
31. Olafsson VG, Ritter AV, Swift EJ, Jr., Boushell LW, Ko CC, Jackson GR, et al. Effect of composite type and placement technique on cuspal strain. *Journal of esthetic and restorative dentistry : official publication of the American Academy of Esthetic Dentistry [et al]*. 2018; Jan;30(1):30-8.
32. Van Ende A, De Munck J, Lise DP, Van Meerbeek B. Bulk-Fill Composites: A Review of the Current Literature. *The journal of adhesive dentistry*. 2017;19(2):95-109.
33. Moszner N, Fischer UK, Ganster B, Liska R, Rheinberger V. Benzoyl germanium derivatives as novel visible light photoinitiators for dental materials. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*. 2008; Jul;24(7):901-7.
34. Bucuta S, Ilie N. Light transmittance and micro-mechanical properties of bulk fill vs. conventional resin based composites. *Clinical oral investigations*. 2014; Nov;18(8):1991-2000.
35. Rizzante FAP, Mondelli RFL, Furuse AY, Borges AFS, Mendonca G, Ishikiriama SK. Shrinkage stress and elastic modulus assessment of bulk-fill composites. *Journal of applied oral science : revista FOB*. 2019; Jan 7;27:e20180132.
36. Rueggeberg FA. State-of-the-art: dental photocuring--a review. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*. 2011; Jan;27(1):39-52.

37. Chen YC, Ferracane JL, Prah SA. Quantum yield of conversion of the photoinitiator camphorquinone. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*. 2007; Jun;23(6):655-64.
38. Rueggeberg F. Contemporary issues in photocuring. *Compendium of continuing education in dentistry (Jamesburg, NJ : 1995) Supplement*. 1999; (25):S4-15; quiz S73.
39. Mousavinasab SM, Meyers I. Comparison of Depth of Cure, Hardness and Heat Generation of LED and High Intensity QTH Light Sources. *European journal of dentistry*. 2011; Jul;5(3):299-304.
40. Theobaldo JD, Aguiar FHB, Pini NIP, Lima D, Liporoni PCS, Catelan A. Effect of preheating and light-curing unit on physicochemical properties of a bulk fill composite. *Clinical, cosmetic and investigational dentistry*. 2017;9:39-43.
41. Santini A, Miletic V, Swift MD, Bradley M. Degree of conversion and microhardness of TPO-containing resin-based composites cured by polywave and monowave LED units. *Journal of dentistry*. 2012; Jul;40(7):577-84.
42. Sahebalam R, Boruziniat A, Mohammadzadeh F, Rangrazi A. Effect of the Time of Salivary Contamination during Light Curing on Degree of Conversion and Microhardness of a Restorative Composite Resin. *Biomimetics (Basel, Switzerland)*. 2018; Aug 22;3(3).
43. Cidreira Boaro LC, Pereira Lopes D, de Souza ASC, Lie Nakano E, Ayala Perez MD, Pfeifer CS, et al. Clinical performance and chemical-physical properties of bulk fill composites resin -a systematic review and meta-analysis. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*. 2019; Oct;35(10):e249-e64.
44. Kelic K, Matic S, Marovic D, Klaric E, Tarle Z. Microhardness of Bulk-Fill Composite Materials. *Acta clinica Croatica*. 2016; Dec;55(4):607-14.
45. Wang J, Song W, Zhu L, Wei X. A comparative study of the microtensile bond strength and microstructural differences between sclerotic and Normal dentine after surface pretreatment. *BMC oral health*. 2019; Oct 7;19(1):216.
46. Mandava J, Vegesna DP, Ravi R, Boddada MR, Uppalapati LV, Ghazanfaruddin MD. Microtensile bond strength of bulk-fill restorative composites to dentin. *Journal of clinical and experimental dentistry*. 2017; Aug;9(8):e1023-e8.
47. Pereira R, Lima D, Giorgi MCC, Marchi GM, Aguiar FHB. Evaluation of Bond Strength, Nanoleakage, and Marginal Adaptation of Bulk-fill Composites Submitted to Thermomechanical Aging. *The journal of adhesive dentistry*. 2019;21(3):255-64.
48. Salagalla UR, Mandava J, Ravi RC, Nunna V. Effect of intratooth location and thermomechanical cycling on microtensile bond strength of bulk-fill composite resin. *Journal of conservative dentistry : JCD*. 2018; Nov-Dec;21(6):657-61.



49. Fronza BM, Makishi P, Sadr A, Shimada Y, Sumi Y, Tagami J, et al. Evaluation of bulk-fill systems: microtensile bond strength and non-destructive imaging of marginal adaptation. *Brazilian oral research*. 2018; Aug 6;32:e80.
50. da Rosa Rodolpho PA, Cenci MS, Donassollo TA, Loguercio AD, Demarco FF. A clinical evaluation of posterior composite restorations: 17-year findings. *Journal of dentistry*. 2006; Aug;34(7):427-35.
51. Perdigao J, Geraldeli S, Carmo AR, Dutra HR. In vivo influence of residual moisture on microtensile bond strengths of one-bottle adhesives. *Journal of esthetic and restorative dentistry : official publication of the American Academy of Esthetic Dentistry [et al]*. 2002;14(1):31-8.
52. Siqueira F, Cardenas A, Gomes GM, Chibinski AC, Gomes O, Bandeca MC, et al. Three-Year Effects of Deproteinization on the In Vitro Durability of Resin/Dentin-Eroded Interfaces. *Operative dentistry*. 2018; Jan/Feb;43(1):60-70.
53. Maghaireh GA, Price RB, Abdo N, Taha NA, Alzraikat H. Effect of Thickness on Light Transmission and Vickers Hardness of Five Bulk-fill Resin-based Composites Using Polywave and Single-peak Light-emitting Diode Curing Lights. *Operative dentistry*. 2019; Jan/Feb;44(1):96-107.
54. AlShaafi MM, Harlow JE, Price HL, Rueggeberg FA, Labrie D, AlQahtani MQ, et al. Emission Characteristics and Effect of Battery Drain in "Budget" Curing Lights. *Operative dentistry*. 2016; Jul-Aug;41(4):397-408.
55. Goncalves F, Kawano Y, Braga RR. Contraction stress related to composite inorganic content. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*. 2010; Jul;26(7):704-9.
56. Alkhudhairy F, AlKheraif A, Naseem M, Khan R, Vohra F. Degree of conversion and depth of cure of Ivocerin containing photo-polymerized resin luting cement in comparison to conventional luting agents. *Pakistan journal of medical sciences*. 2018; Mar-Apr;34(2):253-9.
57. Mitsui FH, Peris AR, Cavalcanti AN, Marchi GM, Pimenta LA. Influence of thermal and mechanical load cycling on microtensile bond strengths of total and self-etching adhesive systems. *Operative dentistry*. 2006; Mar-Apr;31(2):240-7.
58. Hatipoglu O, Karadas M, Er H, Turumtay EA. Effect of thermocycling on the amount of monomer released from bulk fill composite resins. *Dental materials journal*. 2019; Oct 2.
59. Karatas O, Bayindir YZ. A comparison of dentin bond strength and degree of polymerization of bulk-fill and methacrylate-based flowable composites. *Journal of conservative dentistry : JCD*. 2018; May-Jun;21(3):285-9.
60. AlShaafi MM. Factors affecting polymerization of resin-based composites: A literature review. *The Saudi dental journal*. 2017; Apr;29(2):48-58.

61. Price RB, Ferracane JL, Shortall AC. Light-Curing Units: A Review of What We Need to Know. *Journal of dental research*. 2015; Sep;94(9):1179-86.

**ANEXO A - APROVAÇÃO DO PROJETO DE PESQUISA PELA COMISSÃO DE ÉTICA  
EM PESQUISA DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE  
PONTA GROSSA - UEPG



Continuação do Parecer: 2.896.938

Brasil para evitar pendências

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

Aprovado.

**Considerações Finais a critério do CEP:**

**Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:**

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1198329.pdf	19/08/2018 21:29:32		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	termo_doacao_banco_de_dentes.pdf	19/08/2018 21:09:59	CRISTIANE MAUCOSKI	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	protocolo_de_pesquisa.pdf	19/08/2018 21:09:10	CRISTIANE MAUCOSKI	Aceito
Folha de Rosto	folha_de_rosto.pdf	19/08/2018 21:08:45	CRISTIANE MAUCOSKI	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

PONTA GROSSA, 16 de Setembro de 2018

Assinado por:  
**ULISSES COELHO**  
(Coordenador)

Endereço: Av. Gen. Carlos Cavalcanti, nº 4748. UEPG, Campus Uvaranas, Bloco M, Sala 116-B  
Bairro: Uvaranas CEP: 84.030-900  
UF: PR Município: PONTA GROSSA  
Telefone: (42)3220-3108 E-mail: coep@uepg.br