

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA – MESTRADO
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: DENTÍSTICA RESTAURADORA

JULIANA ANANY GONZALES GUARNERI

AVALIAÇÃO DA ALTERAÇÃO DA TEMPERATURA PULPAR *IN VITRO* EM DENTE
RESTAURADO COM RESINAS *BULK-FILL* UTILIZANDO DIFERENTES
ESTRATÉGIAS DE FOTOATIVAÇÃO

PONTA GROSSA

2022

JULIANA ANANY GONZALES GUARNERI

AVALIAÇÃO DA ALTERAÇÃO DA TEMPERATURA PULPAR IN VITRO EM DENTE
RESTAURADO COM RESINAS *BULK-FILL* COM DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE
FOTOATIVAÇÃO

Dissertação apresentada como pré-requisito para
obtenção do título de Mestre em Odontologia na
Universidade Estadual de Ponta Grossa, Área de
Concentração em Dentística Restauradora.

Orientador: Prof. Dr. César Augusto Galvão Arrais

PONTA GROSSA

2022

G916 Guarneri, Juliana Anany Gonzales
 Avaliação da alteração da temperatura pulpar *in vitro* em dente restaurado
 com resinas *bulk-fill* utilizando diferentes estratégias de fotoativação / Juliana
 Anany Gonzales Guarneri. Ponta Grossa, 2022.
 51 f.

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

 Orientador: Prof. Dr. César Augusto Galvão Arrais.

 1. Resinas compostas. 2. Polimerização. 3. Polpa dentária. I. Arrais, César
 Augusto Galvão. II. Universidade Estadual de Ponta Grossa. Dentística
 Restauradora. III.T.

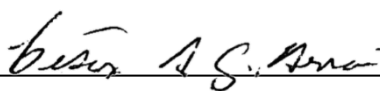
 CDD: 617.6

JULIANA ANANY GONZALES GUARNERI

Avaliação da alteração da temperatura pulpar *in vitro* em dente restaurado com resinas *bulk-fill* utilizando diferentes estratégias de fotoativação

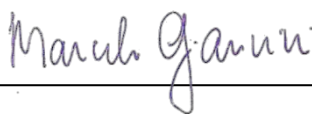
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Odontologia da Universidade Estadual de Ponta Grossa, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Odontologia, área de concentração em Dentística Restauradora, linha de pesquisa de Propriedades Físico-Químicas e Biológicas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

Ponta Grossa, 10 de fevereiro de
2022.



Prof. Dr. César Augusto Galvão Arrais

Universidade Estadual de Ponta Grossa



Prof. Dr. Marcelo Giannini

Universidade Estadual de Campinas



Prof. Dr. Alessandro Dourado Loguercio

Universidade Estadual de Ponta Grossa

DADOS CURRICULARES

Juliana Anany Gonzales Guarneri

NASCIMENTO

25-03-1997

Japira – Paraná – Brasil

FILIAÇÃO

Gilberto Borba Guarneri

Marli Gonzales Peres Guarneri

2015/2019

Curso de Graduação em Odontologia

Universidade Estadual de Londrina (UEL), PR, Brasil

2020/2022

Curso de Pós-Graduação em Odontologia. Área de concentração: Dentística Restauradora (Em andamento).
Nível: Mestrado.

Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), PR, Brasil

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à **Deus**, pelo dom da vida e por iluminar os meus passos.

Aos meus pais, **Marli e Gilberto**, por todo o amor e dedicação que tiveram por mim durante os meus 24 anos de vida. Sempre me apoiaram e sempre estiveram comigo quando eu precisava, muito obrigada por me ajudarem a chegar até aqui, sem vocês eu não conseguiria.

Aos meus irmãos, **Maria Luiza e Neto**, e minha cunhada **Nathália**, por não me deixarem sozinha tanto em Londrina quanto em Ponta Grossa, me mostrando coisas novas e me motivando sempre.

Aos meus amigos, **Ana Luisa, Leonardo, Lucas, Victor e Viktoria** e minhas primas **Renata e Maria Fernanda** por me animarem quando eu estava mal, por me apoiarem em todos os momentos durante a trajetória do mestrado e por me fazerem rir em qualquer momento do dia, não há tempo ruim quando estamos juntos. Obrigada!

Ao meu namorado, **João Lucas**, por aguentar todas as vezes em que reclamei, fiz drama e me desesperei ao longo desse tempo. Sempre com uma solução para todos os meus problemas e sempre com bom humor. Obrigada por todo o apoio.

Ao meu orientador, **Prof. Dr. César Augusto Galvão Arrais**, exemplo de profissionalismo, sempre disposto a ajudar a qualquer hora do dia e até em fins de semana. Muito obrigada por todas as dicas e direcionamentos. Obrigada pela confiança colocada em mim.

À **CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior**, pela bolsa concedida durante esses 2 anos de mestrado.

Ao **Programa de Pós-Graduação em Odontologia da UEPG**, que permitiu o desenvolvimento de todo o meu trabalho durante o mestrado e me ofereceu todo o suporte necessário.

“O aspecto mais triste da vida de hoje é que a ciência ganha em conhecimento mais rapidamente que a sociedade em sabedoria.”

(Isaac Asimov)

Resumo

GUARNERI, J. A. G. **Avaliação da alteração da temperatura pulpar *in vitro* em dentes restaurados com Resinas *Bulk Fill* com diferentes estratégias de fotoativação.** [Dissertação – Mestrado em Dentística Restauradora – Universidade Estadual de Ponta Grossa; 2022]

O objetivo deste estudo foi avaliar o aumento da temperatura no interior da câmara pulpar *in vitro* durante a restauração de um preparo Classe I oclusal com resinas compostas *bulk-fill* utilizando diferentes estratégias de fotoativação. Após aprovação pelo Comitê de Ética, 1 terceiro molar hígido doado pelo Banco de Dentes Humanos da UEPG teve as raízes seccionadas e os condutos radiculares alargados. O dente foi fixado em uma placa de acrílico com perfurações no centro e um termopar tipo T foi fixado no interior da câmara pulpar e conectado em um sistema de aferição de temperatura (Thermes, Phisytemp). A temperatura no interior da câmara pulpar foi avaliada em tempo real durante a inserção e fotoativação das resinas compostas *bulk-fill* Tetric N Ceram Bulk Fill (TBF - Ivoclar Vivadent) e Surefill SDR flow + (SDR - Dentsply Sirona). As resinas foram fotoativadas de diferentes modos utilizando um fotopolimerizador *Polywave* (Bluephase N, Ivoclar Vivadent). As resinas foram removidas dos preparos, seccionadas e polidas no sentido mesio-distal. A dureza Vickers (VHN) no topo e na base das restaurações foi realizada em triplicata. Os resultados da variação de temperatura e de dureza foram analisados por meio de ANOVA 2 fatores seguido pelo teste de Bonferroni ($p = 0,05$) e os resultados de pico de temperatura foram analisados por ANOVA 2 fatores seguido pelo teste de Dunnet. A razão da dureza topo/base foi avaliada, para a resina TBF, por meio do teste de Welch para grupos sem homogeneidade de variância e, para a resina SDR, ANOVA fator único. A resina SDR obteve maiores valores de pico de temperatura do que a TBF. Para a SDR, a fotoativação por 10 s por vestibular, 10 s por lingual e 20 s por oclusal obteve maiores valores de variação de temperatura. A dureza do topo das duas resinas testadas foi maior do que a de base. Nenhuma das técnicas causou aumento de temperatura maior que o limiar de referência de 5,5 °C e as duas resinas tiveram razão de dureza de topo/base aceitáveis.

Palavras-Chave: Resinas Compostas; Polimerização; Polpa Dentária

ABSTRACT

GUARNERI, J. A. G. **Evaluation of pulp temperature changes in teeth restored with Bulk Fill composites using varying polymerization strategies** [Dissertation – Master's Degree in Restorative Dentistry – UEPG; 2022]

The aim of this *in vitro* study was to assess the temperature range within pulp chamber during different strategies of photoactivation of bulk fill composites placed in a Class I cavity preparation. After the approval by the local Ethics Committee, one third molar donated by the Human Teeth Bank of UEPG had its roots sectioned and the root canals enlarged. The tooth was fixed in an acrylic plaque with perforations and it was fixed in a temperature analysis device coupled to the tooth by T-type thermocouples, connected in a temperature analysis system (Thermes, Phisytemp). The temperature inside the pulpal chamber was evaluated in real time during composite insertion and photoactivation of the bulk fill composites Tetric N Ceram Bulk FILL (TBF - Ivoclar Vivadent) e Surefill SDR flow + (SDR - Dentsply Sirona). The bulk fill composites were exposed to different exposure strategies using a *Polywave* light-curing unit (Bluephase N, Ivoclar Vivadent). The bulk, polymerized resin composite increments were removed from the cavity preparation and were sectioned to expose the flat, middle center internal surface, which was polished. Vickers hardness test (VHN) was also performed in triplicate on the top and bottom of the restorations. Temperature and Vickers hardness data were analyzed by 2-way ANOVA followed by Bonferroni test ($\alpha = 0,05$) and peak temperature results were analyzed by 2-way ANOVA followed by Dunnet's test. The top/bottom hardness ratio was evaluated, for TBF, by Welch test for groups without homogeneity of variance and, for SDR, one-way ANOVA. SDR had higher peak temperature values than TBF. For SDR, the 10 seconds for buccal, followed by 10 seconds for lingual and 20 seconds for occlusal technique caused higher temperature variation values. The top hardness of both composites was higher than the bottom. Neither technique caused a temperature increase greater than the threshold temperature rise of 5.5 °C and both composites had acceptable top/bottom hardness ratios, regardless of photoactivation strategy.

Key Words: Composite Resins; Polymerization; Dental Pulp.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1:** Radiografias mostrando os termopares. Em A, vista por vestibular; em B, vista por mesial24
- Figura 2:** Dente fixo na placa de acrílico com a cânula para fluxo pulpar25
- Figura 3:** Desenho esquemático do método de análise da temperatura pulpar25
- Figura 4:** Posicionamento do dente no dispositivo de análise de temperatura com os termopares26
- Figura 5:** Posicionamento para fotoativações. Em A, fotoativação por vestibular; em B, fotoativação por oclusal; em C, fotoativação por lingual26
- Figura 6:** Análise de dureza Vickers (VHN). Em A, amostra com o indentador em posição; em B, visão geral do Microdurômetro com o microscópio em posição; em C, a amostra de resina posicionada na placa de vidro para análise30
- Figura 7:** Gráficos representativos de cada grupo experimental. Na sequência: a) TBF-1; b) TBF-2; c) TBF-3; d) TBF-4; e) SDR-1; f) SDR-2; g) SDR-3 e h) SDR-4....34
- Gráfico 1:** Aumento de temperatura das duas marcas de resina testadas32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Resinas Compostas utilizadas e composição	27
Tabela 2: Desenho dos grupos experimentais com estratégias de polimerização e valores de exposição radiante	27
Tabela 3: Médias (desvio-padrão) em °C de ΔT após diferentes técnicas de fotoativação	31
Tabela 4: Dureza Vickers (VHN) em mPa, desvio-padrão e razão base/topo das resinas TBF e SDR	35

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANOVA	Análise de variância
BHT	Hidroxitolueno butílico
BIS-GMA	Bisfenol glicidil metacrilato
BIS-EMA	Bisfenol hidroxietil metacrilato
CQ	Canforoquinona
EBPADMA	Dimetacrilato de bisfenol A etoxilado
LED	<i>Light curing unit</i>
J/cm ²	Joule por centímetro quadrado
kgf	Quilograma-força
ml/min	Mililitros por minuto
mm	Milímetro
MPa	Megapascal
mW/cm ²	Miliwatt por centímetro quadrado
nm	Nanômetro
SDR	Surefil SDR <i>flow +</i>
TBF	Tetric N-Ceram <i>Bulk Fill</i>
TEG-DMA	Trietileno glicol dimetacrilato
UV	Ultravioleta
VHN	Dureza Vickers

LISTA DE SÍMBOLOS

° C	Grau Celsius
%	Porcentagem
>	Maior que
Δ	Letra grega delta
±	Mais ou menos

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO DA LITERATURA	15
2.1 RESINAS COMPOSTAS	15
2.1.1 Resinas Compostas Convencionais.....	15
2.1.2 Resinas <i>Bulk-Fill</i>	16
2.2 FOTOATIVAÇÃO.....	17
2.2.1 Fotopolimerizadores LED.....	17
2.2.3 Método de fotoativação transdental de Resinas Compostas.....	18
2.3 AUMENTO DA TEMPERATURA PULPAR	19
3 PROPOSIÇÕES	21
3.1 PROPOSIÇÃO GERAL	21
3.2 PROPOSIÇÕES ESPECÍFICAS	21
4 MATERIAIS E MÉTODOS	22
4.1 PREPARO DAS AMOSTRAS	22
4.2 EXPERIMENTO 1: ANÁLISE DO AUMENTO DA TEMPERATURA PULPAR	22
4.3 EXPERIMENTO 2: ANÁLISE DE DUREZA VICKERS	29
4.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	30
5 RESULTADOS	31
5.1 ANÁLISE DO AUMENTO DA TEMPERATURA PULPAR	31
5.2 ANÁLISE DE DUREZA VICKERS.....	35
6 DISCUSSÃO	36
7 CONCLUSÃO	42
REFERÊNCIAS	43
ANEXO A. APROVAÇÃO DO PROJETO DE PESQUISA PELA COMISSÃO DE ÉTICA EM PESQUISA DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA	49

1 INTRODUÇÃO

Em meio ao constante processo de desenvolvimento e aprimoramento das resinas compostas, um importante avanço foi o desenvolvimento de resinas compostas *bulk-fill*. A partir dessa nova tecnologia, incrementos de até 4 mm de espessura podem ser inseridos no interior do preparo cavitário, ao invés de incrementos de até 2 mm, espessura máxima recomendada quando utilizadas resinas compostas com a técnica incremental (Benetti et al. ¹ 2015) (Flury et al. ² 2014). Para que isso se tornasse possível, foram incorporados diferentes tipos e tamanhos de partículas de cargas para tornar essas resinas mais translúcidas, além do uso de fotoiniciadores mais reativos (Fronza et al. ³ 2015). De acordo com o estudo realizado por Rizzante et al. 2019, todas as resinas *bulk-fill* testadas apresentaram contração de polimerização igual ou menor quando comparadas com resinas compostas convencionais (Rizzante et al. ⁴ 2019). Essas novas resinas passaram a ser utilizadas pelos clínicos devido à facilidade de manipulação e economia de tempo (Fronza et al. ³ 2015).

Para fotoativar resinas *bulk-fill*, são utilizados fotopolimerizadores do tipo LED que possuem uma alta irradiância, levando alguns fabricantes a recomendarem tempos menores de ativação, passando dos 40 segundos para 10 segundos ou menos. Porém, estudos recentes têm demonstrado que esse curto tempo de fotoativação podem não ser suficientes para fotopolimerizar adequadamente algumas resinas compostas *bulk-fill* (Shimokawa et al. ⁵ 2020; Slack et al. ⁶ 2020) e que por esse motivo, exposições mais longas têm sido recomendadas (Daugherty et al. ⁷ 2018; de Mendonca et al. ⁸ 2021).

Além disso, alguns fabricantes recomendam a fotoativação prolongada utilizando técnicas de fotoativação transdental das resinas compostas *bulk-fill*, como a Filtek Bulk Fill Posterior Restorative (3M ESPE, Maplewood, MN, EUA) e a SonicFill 3 (Kerr Corporation, Orange, CA, EUA). Esse tipo de exposição transdental tem sido recomendado por alguns fabricantes para tentar garantir adequada polimerização em toda a profundidade da restauração em cavidades profundas (Hamlin et al. ⁹ 2016), e um estudo realizado relatou valores de dureza maiores quando resinas *bulk-fill* foram fotoativadas pela técnica transdental (Campodonico et al. ¹⁰ 2011). Ademais, estudos

recentes têm mostrado que alguns clínicos (48%) desconhecem os valores de irradiância de seus fotopolimerizadores e que não seguem as recomendações dos fabricantes (Ernst et al. ¹¹ 2018). Em outras palavras, estes profissionais podem tanto utilizar tempos menores do que aqueles recomendados como também promover exposições por tempos prolongados utilizando técnicas transdentais.

De acordo com alguns estudos *in vitro* e *in vivo*, os tempos de fotoativação normalmente utilizados não causam um aumento na temperatura pulpar superior ao limite de 5,5 °C, considerado prejudicial à saúde pulpar (Slack et al. ⁶ 2020; Runnacles et al. ¹² 2019; Baroudi et al. ¹³ 2009). Porém, outros estudos *in vitro* relataram aumentos significativos de temperatura pulpar quando utilizados aparelhos fotopolimerizadores do tipo LED (Vinagre et al. ¹⁴ 2019; Akarsu e Aktug Karademir ¹⁵ 2019). A pesquisa feita por Choi et al. (2014) também mostrou que quanto mais potente for o fotopolimerizador, maior será o aumento da temperatura pulpar durante a polimerização (Choi et al. ¹⁶ 2014) e estudos mostraram que há uma correlação positiva entre a exposição radiante administrada e variação da temperatura pulpar (Runnacles et al. ¹² 2019; Vinagre et al. ¹⁴ 2019; Zarpellon et al. ¹⁷ 2018). Somado a isto, estudos têm mostrado que a exotermia da polimerização de resinas *bulk-fill* contribui no aumento da temperatura pulpar durante a fotoativação (Braga et al. ¹⁸ 2019). Neste sentido, o aumento da temperatura pulpar durante a fotopolimerização das resinas compostas utilizando altos valores de irradiância por tempo prolongado tornou-se uma preocupação de fabricantes e pesquisadores, uma vez que estudos mostraram que o aumento de 5,5 °C pode levar à necrose do tecido pulpar (Zach e Cohen ¹⁹ 1965). No entanto, não há informação na literatura a respeito da influência das técnicas de fotoativação transdental no aumento da temperatura no interior da câmara pulpar.

Nesse contexto, o objetivo desse estudo foi avaliar se com o aumento da exposição radiante com diferentes estratégias de exposição a temperatura pulpar *in vitro* aumentaria de forma semelhante. As hipóteses nulas testadas foram: (a) diferentes estratégias de fotopolimerização não alteraram o padrão de aumento da temperatura pulpar; e (b) não influenciam nos valores de dureza das resinas *bulk-fill*.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 RESINAS COMPOSTAS

2.1.1 Resinas Compostas Convencionais

As resinas compostas são materiais poliméricos que passaram a ser amplamente utilizadas no âmbito clínico graças ao advento da Odontologia Adesiva (Buonocore²⁰ 1955; Bowen²¹ 1982). Esses materiais possuem em sua composição essencialmente uma matriz orgânica, partículas de carga inorgânica e um agente de união e foram inseridas no mercado com a proposta de aumento da estética na restauração tanto em dentes anteriores como em posteriores.

As resinas compostas convencionais são materiais fotopolimerizáveis, isso significa que elas passam por um processo de contração de polimerização durante sua ativação (Davidson e Feilzer²² 1997; Al Sunbul et al.²³ 2016). Essa contração acontece porque os monômeros resinosos, durante a fotoativação, se ligam e formam polímeros, diminuindo o espaço entre as moléculas da matriz resinosa e conseqüentemente, contraindo-a (Ferracane²⁴ 2008). A contração de polimerização está relacionada com a tensão de contração. Essa tensão é formada quando a rede polimérica se torna mais rígida (Ferracane²⁴ 2008), e pode ser a causa infiltração marginal e de redução nas propriedades mecânicas do material (Ferracane e Hilton²⁵ 2016).

Para reduzir os vieses causados pela contração de polimerização, as resinas compostas convencionais são inseridas na cavidade de forma incremental, consistindo em inserções de incrementos possuindo até 2 mm de espessura. Quando uma cavidade possui um alto fator C, a técnica incremental pode obter uma maior força de adesão da restauração (Han e Park²⁶ 2018). O fator C é o fator de configuração cavitária, que consiste em um número entre 0 e 5 que mostra a relação entre as superfícies aderidas da cavidade pelas superfícies livres (Feilzer et al.²⁷ 1987). Quanto maior o número de superfícies aderidas na cavidade, maior vai ser o seu fator C e maior será o estresse causado pela contração de polimerização do material dentro dessa cavidade (Feilzer et al.²⁷ 1987; Cunha et al.²⁸ 2008).

Com o avanço da tecnologia, novas resinas compostas foram desenvolvidas

com o objetivo de diminuir o tempo gasto na restauração e também na tentativa de facilitar a técnica de inserção, com isso, atualmente temos no mercado as chamadas resinas *bulk-fill*.

2.1.2 Resinas *Bulk-Fill*

As resinas *bulk-fill* chegaram ao mercado com a proposta de inserção de maiores incrementos na cavidade, podendo chegar a 4 mm, de acordo com os fabricantes, permitindo assim restaurações mais rápidas com incrementos maiores, agilizando o procedimento e diminuindo o tempo de cadeira do paciente. Esses materiais têm a proposta de maior profundidade de polimerização com uma contração de polimerização similar ou menor do que as resinas compostas convencionais (Benetti et al. ¹ 2015).

Materiais do tipo *bulk-fill* permitem uma maior profundidade de polimerização pela maior translucidez desse material em comparação com as resinas compostas convencionais e também por substituição do fotoiniciador utilizado, deixando de usar somente a canforoquinona (Fronza et al. ²⁹ 2017; Palin et al. ³⁰ 2018).

A revisão de literatura com meta-análise realizada por Cidreira Boaro et al. (2019) mostrou que esses materiais são seguros para serem usados nas clínicas odontológicas e ainda de acordo com esse estudo, foi relatado que em análises laboratoriais que as resinas *bulk-fill* tiveram valores superiores aos das resinas convencionais em relação à formação de *gap* e tensão de contração de polimerização (Cidreira Boaro et al. ³¹ 2019). Já o estudo realizado por Almeida et al. (2017) concluiu que os valores de tensão de contração e a formação de *gaps* das resinas *bulk-fill* foram similares aos das resinas compostas convencionais (Almeida et al. ³² 2017). Entretanto, ambos os estudos mostraram resultados positivos sobre as resinas *bulk-fill* pois mesmo com o aumento da profundidade do incremento, os valores foram similares aos das resinas compostas convencionais usadas com a técnica incremental.

Em relação à profundidade de polimerização, a revisão de literatura realizada por Lima et al. (2018) relatou que a polimerização das resinas compostas *bulk-fill* depende da composição do material e da exposição radiante recebida (Lima et al. ³³

2018). Apesar desses fatores, as resinas *bulk-fill* apresentaram uma profundidade de cura aceitável aos 4 mm principalmente quando utilizados fotopolimerizadores emitindo irradiância $>1000 \text{ mW/cm}^2$ com exposição por 20 segundos (Lima et al. ³³ 2018). E, de acordo com o estudo realizado por Garcia et al. (2014) as resinas *bulk-fill flow* testadas mostraram uma profundidade de cura de 4 mm, exceto a resina SonicFill (Kerr Corporation, Orange, CA, EUA) (Garcia et al. ³⁴ 2014).

Quanto ao aumento da temperatura pulpar quando utilizadas resinas *bulk-fill*, os achados de Akarsu e Karademir (2019) relatam que *bulk-fill* com uma alta porcentagem de carga pode ajudar a reduzir o aumento da temperatura pulpar (Akarsu e Aktug Karademir ¹⁵ 2019). Já o estudo de Lempel et al. (2021) mostrou que as resinas fluidas testadas e as que foram inseridas em incrementos de 4 mm aumentaram a temperatura pulpar de maneira significativa (Lempel et al. ³⁵ 2021).

2.2 FOTOATIVACÃO

2.2.1 Fotopolimerizadores LED

Os primeiros fotopolimerizadores utilizados foram os de luz halógena, no entanto, com o avanço da tecnologia, surgiram os fotopolimerizadores do tipo LED. Eles funcionam emitindo luz no espectro de luz visível (entre 400 e 700nm) por eletroluminescência (Reis e Loguercio ³⁶ 2021). Ainda, com a chegada dos fotopolimerizadores LED de terceira geração, combinando os comprimentos de onda azul e violeta (*polywave*), fotoiniciadores alternativos começaram a se popularizar no mercado, pois esses aparelhos eram capazes de fotopolimerizar a grande maioria dos fotoiniciadores utilizados (Rueggeberg et al. ³⁷ 2017).

Exposição radiante é a medida que avalia a irradiância emitida pelo fotopolimerizador multiplicada pelo tempo de exposição (Reis e Loguercio ³⁶ 2021). Há relatos na literatura sobre a correlação positiva entre a exposição radiante e o aumento da temperatura pulpar (Vinagre et al. ¹⁴ 2019; Runnacles et al. ³⁸ 2015). Isso significa que, quanto maior a exposição radiante emitida, maior será esse aumento da temperatura pulpar.

Os LED atuais possuem a capacidade de emitir uma alta irradiância, com mais de 1000 mW/cm^2 , por isso é necessário cautela quanto ao tempo de exposição

utilizado, pois a exposição radiante necessária para garantir uma boa polimerização é entre 16 e 24 J/cm² (Peutzfeldt e Asmussen³⁹ 2005; Jain et al.⁴⁰ 2018). Há aparelhos no mercado com a promessa de uma fotopolimerização mais rápida, chegando a 3 segundos apenas, como o Flashmax P3 (CMS Dental, Roslev, Dinamarca). Porém há estudos que mostram que essa fotoativação muito rápida não é capaz de polimerizar completamente as restaurações (Slack et al.⁶ 2020; Daugherty et al.⁷ 2018) e, ainda, um estudo relatou maior aumento na tensão da resina quando emitida uma irradiância de 800 mW/cm² durante a polimerização (Emami et al.⁴¹ 2003).

Além da irradiância emitida, é importante também entender o perfil de feixe emitido pelo fotopolimerizador LED. O estudo de Magalhães Filho et al. (2016) exibiu que o perfil de feixe luminoso do fotopolimerizador está associado com a polimerização das resinas compostas (Magalhaes Filho et al.⁴² 2016), e o estudo realizado por Shimokawa et al. (2018) também exibiu diferenças na microdureza de duas resinas *bulk-fill* testadas quando utilizados fotopolimerizadores com diferentes perfis de feixe luminoso (Shimokawa et al.⁴³ 2018).

2.2.3 Método de fotoativação transdental de Resinas Compostas

Há vários métodos de ativação utilizados pelos profissionais, um deles é a ativação transdental, que consiste na fotoativação pela face livre e, após, ativações complementares atravessando a parede dentária. Esse método é utilizado principalmente em restaurações indiretas e em colagem de *brackets* ortodônticos, porém há relatos de uso em casos de restaurações profundas (Hamlin et al.⁹ 2016) onde há uma dificuldade de atingir toda a profundidade da restauração.

No estudo realizado por Campodonico, C. E. et al. (2011) a restauração de uma resina *bulk-fill* pelo método transdental mostrou maiores valores de profundidade de polimerização (Campodonico et al.¹⁰ 2011). Já o estudo de Sartori et al. (2019) relatou uma menor micro-dureza na base de resinas fotopolimerizadas por uma técnica transdental (Sartori et al.⁴⁴ 2019). O estudo realizado por Uusitalo et al. (2016) exibiu que quando aumentada a espessura da dentina e esmalte pela qual foi realizada a fotoativação, a irradiância emitida pelo fotopolimerizador foi afetada (Uusitalo et al.⁴⁵ 2016). O estudo realizado por Kumar et al. (2013) mostrou que quando *brackets* ortodônticos foram fotopolimerizados pela técnica transdental em conjunto com a

técnica de ativação convencional, houve um aumento na resistência de união desses *brackets* (Kumar et al. ⁴⁶ 2013).

Em relação ao aumento de temperatura, a literatura sobre uso desses métodos de ativação ainda é escassa (Tjan e Dunn ⁴⁷ 1988), necessitando assim de mais estudos para avaliar os efeitos desse tipo de fotoativação na temperatura da polpa dentária.

2.3 AUMENTO DA TEMPERATURA PULPAR

O aumento da temperatura pulpar é uma preocupação constante quando utilizados materiais restauradores fotoativados, pois pode levar à problemas como formação de fendas na interface adesiva, necrose pulpar e sensibilidade pós-operatória.

O estudo realizado por Zach e Cohen (1965) em macacos *rhesus* é utilizado até hoje como referência do aumento tolerado da temperatura pulpar. Nele, os autores revelam que um aumento de 11,1 °C resultou em necrose pulpar em 60% dos casos e um aumento de 5,5 °C resultou em necrose em 15% dos casos testados (Zach e Cohen ¹⁹ 1965).

Um estudo realizado por Akarsu e Karademir (2019) concluiu que o remanescente dentinário tem influência na redução do aumento da temperatura pulpar. Na pesquisa realizada pelos autores, foi revelado que o aumento de temperatura foi menos significativo quando o preparo conservava 1 mm de dentina na parede pulpar da cavidade (Akarsu e Aktug Karademir ¹⁵ 2019). Já o estudo de Vinagre et al. 2019 expôs um aumento de temperatura pulpar maior que 5,5 °C em dente hígido quando uma exposição radiante maior que 80 J/cm² foi emitida (Vinagre et al. ¹⁴ 2019).

Como observado, estudos *in vitro* mostraram situações em que esse aumento ultrapassa os 5,5 °C de limite de aumento da temperatura, principalmente quando utilizados fotopolimerizadores do tipo LED de alta irradiância. Esses fotopolimerizadores foram inseridos no mercado prometendo uma maior agilidade na realização de procedimentos restauradores, porém é importante lembrar que esse aumento na irradiância leva à um aumento da exposição radiante e

consequentemente à um aumento considerável na temperatura pulpar (Runnacles et al. ³⁸ 2015).

Além da fotopolimerização em si, outra preocupação quanto ao aumento da temperatura da polpa é a reação de exotermia das resinas compostas durante a ativação (Al-Qudah et al. ⁴⁸ 2007). O estudo realizado por Baroudi, Silikas e Watts (2009) mostrou um maior aumento na temperatura de resinas fluídas, o que pode ser associado à uma maior reação exotérmica desses materiais (Baroudi et al. ¹³ 2009).

3 PROPOSIÇÕES

3.1 PROPOSIÇÃO GERAL

Analisar a variação de temperatura pulpar *in vitro* durante procedimentos restauradores em um preparo oclusal Classe I em terceiro molar restaurado com resinas compostas *bulk-fill* utilizando diferentes estratégias de fotopolimerização.

3.2 PROPOSIÇÕES ESPECÍFICAS

Analisar se diferentes estratégias de fotopolimerização com aumento nos valores de exposição radiante (J/cm^2) aumentará a temperatura pulpar *in vitro* de maneira similar.

Avaliar a dureza Vickers na base e topo das resinas compostas *bulk-fill* utilizadas nas restaurações realizadas no estudo com diferentes estratégias de fotopolimerização.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 PREPARO DAS AMOSTRAS

Após aprovação do Comitê de Ética local (4.881.321/2021), 1 dente terceiro molar hígido foi obtido junto ao Banco de Dentes Humanos da Universidade Estadual de Ponta Grossa. Um preparo Classe I expulsivo foi confeccionado na face oclusal do molar com 4 mm de profundidade, 6 mm de diâmetro no sentido vestibulo-lingual e 7,5 mm de diâmetro no sentido mesio-distal utilizando a ponta diamantada (KG 3131, KG Sorensen, Cotia, SP, Brasil), deixando aproximadamente 1,5 mm de remanescente de dentina na parede pulpar.

4.2 EXPERIMENTO 1: ANÁLISE DO AUMENTO DA TEMPERATURA PULPAR

As raízes do dente foram seccionadas 4 mm abaixo da junção cimento-esmalte e os canais radiculares foram limpos e ampliados com auxílio de brocas Gates Glidden (DentsplySirona, York, Pensilvânia, EUA) de tamanhos variados. Uma perfuração foi realizada na face proximal do dente utilizando ponta diamantada em alta rotação (KG 1011, KG Sorensen, Cotia, SP, Brasil) sob irrigação constante, próximo ao limite amelo-cementário para permitir acesso e inserção de um termopar tipo T no interior da câmara pulpar, próximo a um dos cornos pulpares. A perfuração na face proximal foi selada com resina composta *flow* (Opallis Flow, FGM, Joinville, SC), que foi fotoativada (Bluephase N, Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein) de acordo com as recomendações do fabricante. Ao final, exames radiográficos foram realizados pela face vestibular e pela face proximal, para a análise da posição do termopar no interior da câmara pulpar (Figura 1).

O dente foi fixado em uma placa de acrílico com perfurações no centro. Uma mangueira teve sua extremidade conectada a um dispositivo de bomba de infusão (Bomba de seringa RS700 RZ Equipamentos Veterinários, São Paulo, SP, Brasil) e a outra extremidade foi conectada a raiz do dente para simulação do fluxo pulpar (Figura 2).

A placa contendo o dente foi posicionada na abertura de um frasco Kitassato cheio de água à temperatura ao redor de 37 °C, mantida estável por meio de imersão do frasco em banho-maria contendo água aquecida à temperatura aproximada de 40

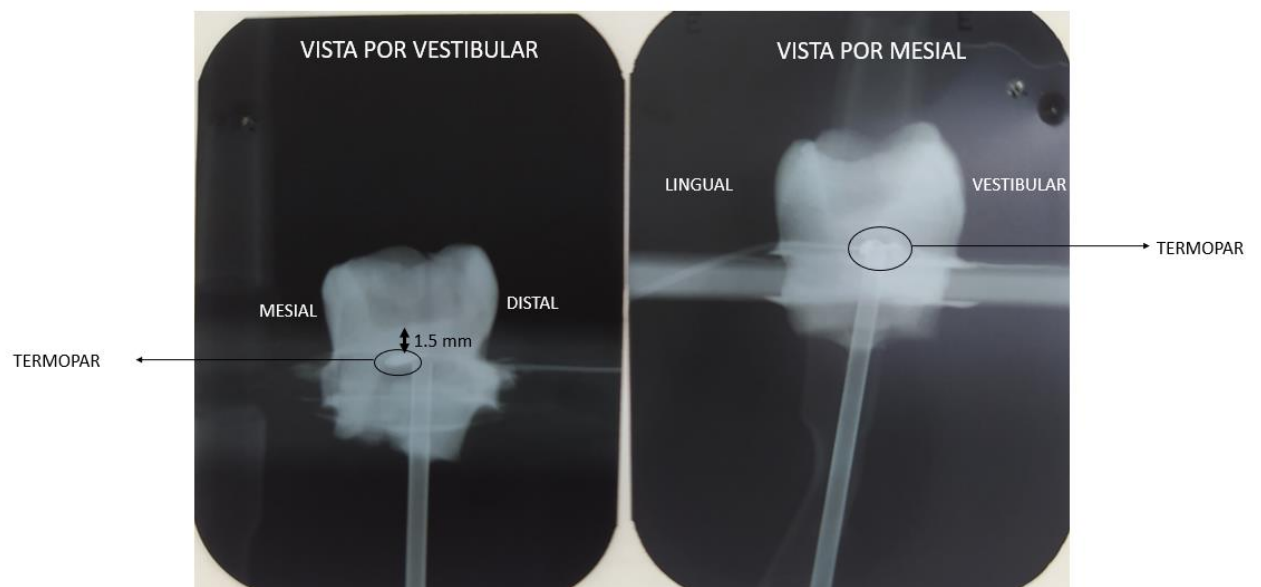
°C (Figura 3). Uma vez que a mangueira conectada à raiz estava imersa na água no interior do frasco Kitassato, a água circulante no interior da câmara pulpar estava aquecida à uma temperatura correspondente à temperatura basal fisiológica da polpa de 35°C (Runnacles et al. ⁴⁹ 2015) (Figura 4). A bomba de infusão foi programada para promover um fluxo de água de aproximadamente 0.007 ml/min no interior da câmara pulpar, simulando o fluxo de sangue na polpa dental (Runnacles et al. ¹² 2019).

O termopar tipo T estava conectado em um sistema de aquisição de temperatura (Thermes Wifi, Physitemp, New Jersey, EUA), e os dados de temperatura foram registrados em tempo real pelo *software* DASyLab 11 (Data Acquisition System Laboratory – Measurement Computing Corporation, Norton, MA, EUA) a cada 0,2 segundos.

Um pedaço de fio dental foi inserido no interior do preparo cavitário para auxiliar na remoção da restauração após a fotopolimerização. Também para ajudar na remoção da restauração, foi aplicado gel hidrofílico (K-Med, CIMED, Pouso Alegre, MG, Brasil) em temperatura ambiente na cavidade antes da inserção da resina. O dente foi restaurado, sem aplicação prévia do sistema adesivo, com diferentes resinas compostas *bulk-fill* (Tabela 1), as quais foram inseridas em incremento único e fotoativadas utilizando diferentes estratégias de exposição (Tabela 2; Figura 5), Para isso, foi utilizado um fotopolimerizador *Polywave* (Irradiância: 1.204 ± 16 mW/cm²); Bluephase N (Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein), o qual teve os valores de irradiância espectral no modos de exposição “HIGH” mensurados utilizando um espectrofotômetro (USB Flame, 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 ponteira do fotopolimerizador foi posicionada a na entrada da esfera para captação de toda luz emitida. 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 (mW / cm²) a ser utilizado. Três mensurações foram realizadas.

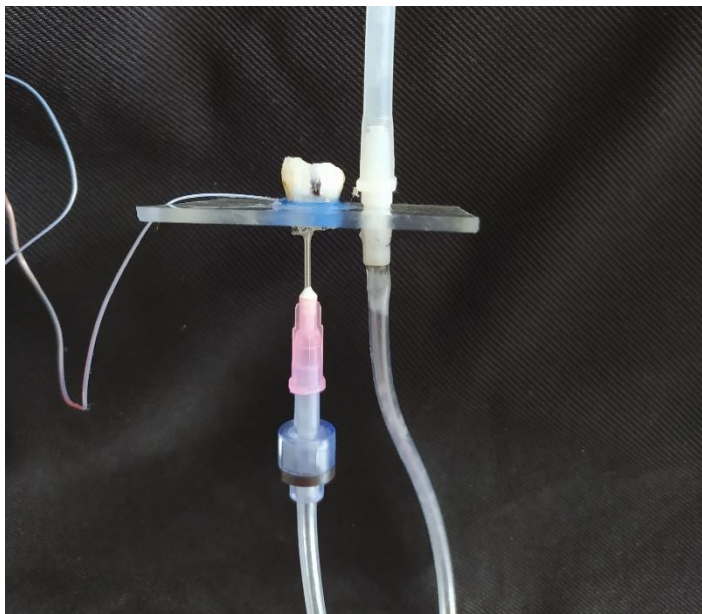
A temperatura da resina ao ser inserida na cavidade foi analisada pelo *software* e a restauração foi fotoativada apenas quando a temperatura voltava ao estado basal. Para isso, ao inserir a resina na cavidade, ela foi mantida em ambiente sem luz até a estabilização da temperatura. Ao final da fotoativação, a resina composta foi removida e novo procedimento foi realizado utilizando outra estratégia de fotoativação. A sequência de exposições foi determinada aleatoriamente e dez repetições foram realizadas para cada estratégia. Foram determinados o pico de temperatura durante a fotoativação e a diferença entre o pico de fotoativação e a temperatura basal (ΔT).

Figura 1: Radiografias mostrando os termopares. Em A, vista por vestibular; em B, vista por mesial



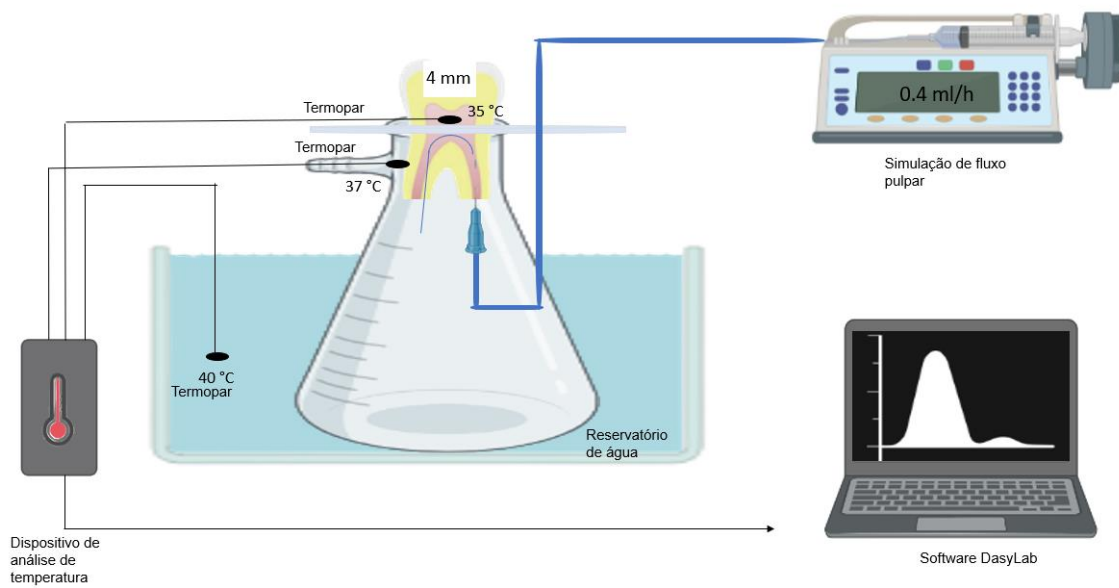
Fonte: O autor

Figura 2: Dente fixo na placa de acrílico com a cânula para fluxo pulpar



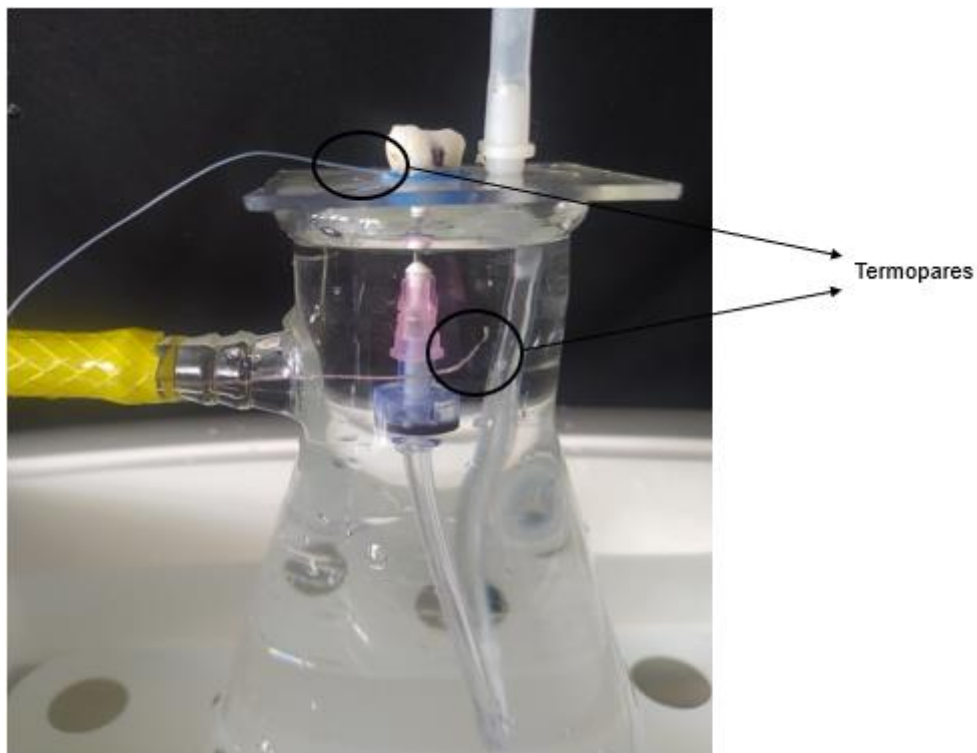
Fonte: O autor

Figura 3: Desenho esquemático do método de análise da temperatura pulpar



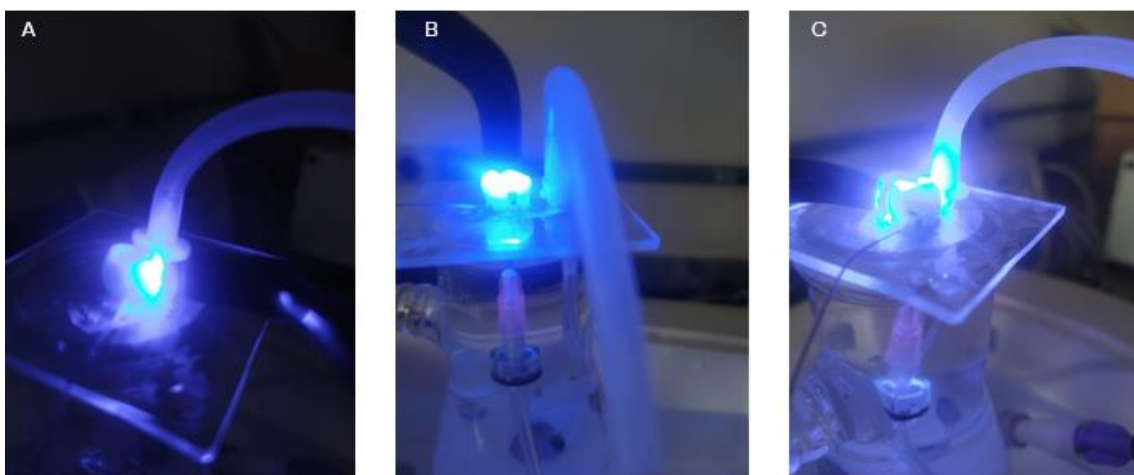
Fonte: O autor

Figura 4: Posicionamento do dente no dispositivo de análise de temperatura com os termopares



Fonte: O autor

Figura 5: Posicionamento para fotoativações. Em A, fotoativação por vestibular; em B, fotoativação por oclusal; em C, fotoativação por lingual



Fonte: O autor

Tabela 1: Resinas Compostas utilizadas e composição

Material (Marca comercial)	Composição
TBF - Tetric N-Ceram Bulk Fill (Ivoclar Vivadent)	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, 61% de partículas de carga (em volume) estabilizadores, catalisadores, pigmentos. Fotoiniciadores: Canforoquinona e Ivocerin.
SDR - SureFil SDR Flow + (DentisplySirona)	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.

Tabela 2: Desenho dos grupos experimentais com estratégias de polimerização e valores de exposição radiante

(continua)

Grupos experimentais	Estratégia de polimerização	Valores de exposição radiante
Tetric N-Ceram Bulk Fill		
TBF-1	Técnica 1 - 10 segundos na superfície oclusal	12,0 J/cm ²

Tabela 3: Desenho dos grupos experimentais com estratégias de polimerização e valores de exposição radiante

(conclusão)

Grupos experimentais	Estratégia de polimerização	Valores de exposição radiante
TBF-2	Técnica 2 - 40 segundos na superfície oclusal	48,2 J/cm ²
TBF-3	Técnica 3 - 20 segundos na superfície oclusal + 10 segundos na face vestibular + 10 segundos na palatina	48,2 J/cm ²
TBF-4	Técnica 4 - 10 segundos na face vestibular + 10 segundos na palatina + 20 segundos na oclusal	48,2 J/cm ²
Surefil SDR Flow +		
SDR-1	Técnica 1 - 10 segundos na superfície oclusal	12,0 J/cm ²
SDR-2	Técnica 2 - 40 segundos na superfície oclusal	48,2 J/cm ²
SDR-3	Técnica 3 - 20 segundos na superfície oclusal + 10 segundos na face vestibular + 10 segundos na palatina	48,2 J/cm ²
SDR-4	Técnica 4 - 10 segundos na face vestibular + 10 segundos na palatina + 20 segundos na oclusal	48,2 J/cm ²

4.3 EXPERIMENTO 2: ANÁLISE DE DUREZA VICKERS

A análise da Dureza Vickers (VHN) foi realizada nas amostras de resinas compostas obtidas após a fotoativação das restaurações. As amostras foram removidas da cavidade, cortadas pela face vestibular do incremento até o centro da restauração, lixadas e depois polidas na máquina politriz (Arotec S/A Indústria e Comércio, Cotia, SP, Brasil) com papéis abrasivos de carbetto de silício com irrigação constante na ordem decrescente de granulação: 600, 1200 e 2400 respectivamente (Lixa D'Água para Polimento 401Q, 3M, Maplewood, MN, EUA) expondo e planificando a região central do incremento (Figura 6, C).

A superfície planificada foi posicionada no microdurômetro (SHIMADZU HMV, Newage Testing Instruments, Southampton, PA, EUA) (Figura 6, A e B) e três endentações foram realizadas na região central do topo, e mais três na região central da base da do incremento. A carga aplicada no equipamento foi de 100g com um tempo de permanência de 10 segundos. A análise de dureza se deu com auxílio da seguinte equação:

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

Onde:

“P” é a carga aplicada em kgf;

“A” é a área superficial de impressão em mm²;

“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).

A razão topo/base das restaurações foram determinadas.

Figura 6: Análise de dureza Vickers (VHN). Em A, amostra com o indentedor em posição; em B, visão geral do Microdurômetro com o microscópio em posição; em C, a amostra de resina posicionada na placa de vidro para análise



Fonte: O autor

4.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram analisados quanto à normalidade por meio do teste de Shapiro-Wilk e homogeneidade de variâncias pelo teste de Levene ($\alpha=0,05$). Os valores de variação de temperatura (ΔT) foram avaliados por meio da ANOVA dois fatores seguida pelo teste de Bonferroni ($p=0,05$). Para a dureza, foram avaliados cada material por meio da ANOVA dois fatores com medidas repetidas seguida pelo teste de Bonferroni ($p=0,05$) para cada material. Para os valores de pico, foi realizada ANOVA 2 fatores seguido pelo teste de Dunnet (Grupo de referência para comparação: Controle, 10 segundos de exposição). A razão da dureza topo/base foi avaliada, para a resina TBF, por meio do teste de Welch para grupos sem homogeneidade de variância e, para a resina SDR, ANOVA fator único.

5 RESULTADOS

5.1 ANÁLISE DO AUMENTO DA TEMPERATURA PULPAR

As médias de ΔT podem ser observadas na tabela 3:

Tabela 4: Médias (desvio-padrão) em °C de ΔT após diferentes técnicas de fotoativação

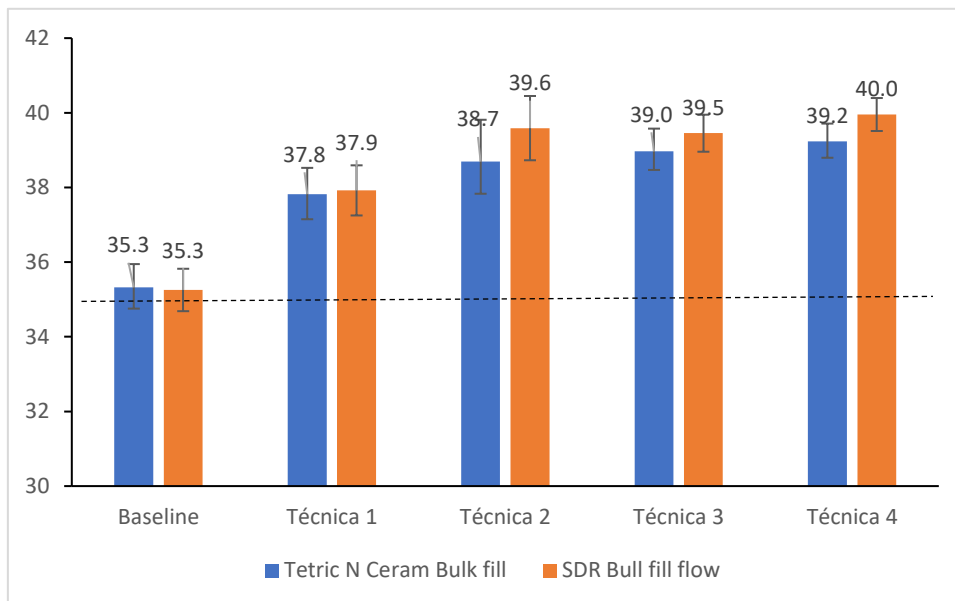
Resina	Técnica 1	Técnica 2	Técnica 3	Técnica 4
TBF	2,34 (0,32) Bb	3,62 (0,42) Ba	3,90 (0,22) Aa	3,91 (0,28) Ba
SDR	2,67 (0,28) Ac	4,39 (0,33) Aab	4,02 (0,34) Ab	4,51 (0,30) Aa

Médias seguidas por diferentes letras (maiúsculas: comparação entre produtos; minúsculas: entre técnicas) são significativamente diferentes

Tanto para a resina TBF quanto para a SDR, a técnica 1 causou aumento de temperatura significativamente inferior ao observado quando utilizadas outras técnicas ($p=0,008$). Para a resina SDR, a técnica 4 causou aumento de temperatura significativamente maior do que a técnica 3 ($p=0,008$). Em ambas as resinas testadas, a técnica que apresentou maior aumento de temperatura foi a técnica 4.

A resina que apresentou um maior aumento de temperatura após a fotopolimerização foi a SDR, chegando a uma variação de temperatura de 4,51 °C quando fotoativada pela técnica 4 (Tabela 3). Nenhuma das técnicas resultou em aumentos maiores do que o valor de 5,5 C, considerado prejudicial à polpa.

No gráfico 1 pode ser observados os valores de aumento de temperatura das duas resinas testadas comparados com os dados de baseline:

Gráfico 1: Aumento de temperatura das duas marcas de resina testadas

Fonte: O autor

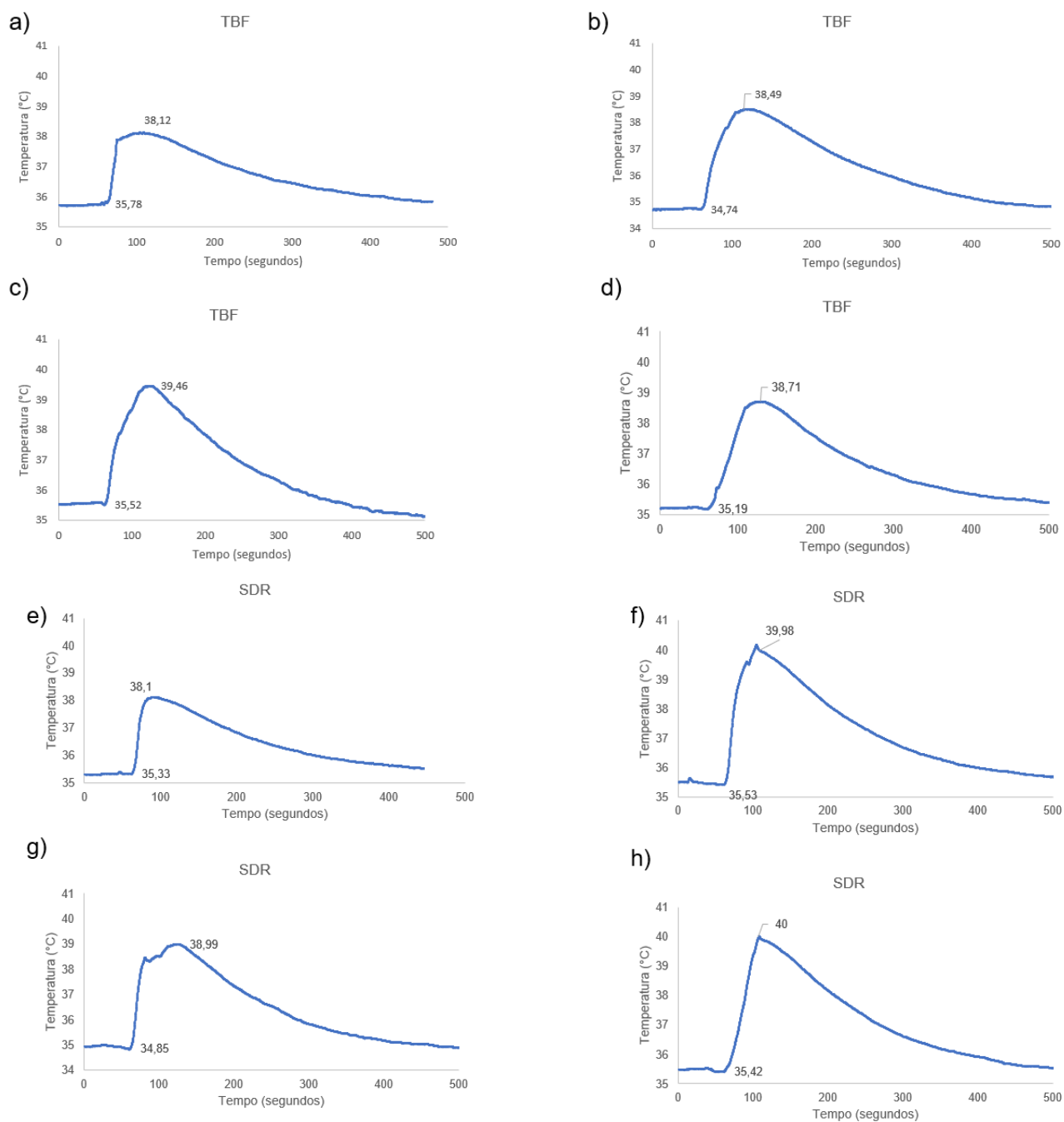
O maior aumento de temperatura observado se deu na fotoativação do grupo SDR-4, alcançando o pico de temperatura de 40 °C (Gráfico 1).

Ao analisar a cinética de aumento da temperatura no interior da câmara pulpar em tempo real (Figura 7), pode-se observar o padrão do aumento de temperatura dos grupos experimentais. O grupo com o menor aumento de temperatura foram os grupos em que foi utilizada a técnica 1, sendo eles os grupos-controle de cada resina testada (TBF-1; SDR-1) (Figura 7 A e E). A resina SDR teve um padrão de aumento de temperatura mais expressivo do que a resina TBF, e isso pode ser notado quando comparados os grupos TBF-2 e SDR-2 (Figura 7 B e F), pode-se observar que o grupo SDR-2, com a resina SDR, teve um aumento de temperatura mais expressivo que o grupo TBF-2, restaurado com a resina TBF. A SDR também foi a resina que levou mais tempo para voltar para a temperatura de baseline. Nota-se na figura 7 G um aumento rápido de temperatura, uma certa estabilização no pico e após, um leve aumento. Isso ocorreu em algumas amostras por conta da mudança de posição do fotopolimerizador, pois o grupo SDR-3 representa o grupo da SDR polimerizado pela técnica 3, onde a fotoativação se deu por oclusal, depois por vestibular e por último, por lingual. Esse fenômeno pode ser levemente observado também na figura 7 C, onde há uma certa estabilidade na temperatura de pico do grupo TBF-3, grupo da TBF

que também foi fotoativado pela técnica 3.

Pelos gráficos exibidos na figura 7, observa-se também o padrão de aumento de temperatura do grupo SDR-4 que foi o grupo com o maior ΔT entre os testados. Nota-se, no gráfico, um pico de temperatura mais alto, porém por um menor tempo quando comparado com o grupo TBF-4, ambos fotoativados pela mesma técnica.

Figura 7: Gráficos representativos de cada grupo experimental. Na sequência: a) TBF-1; b) TBF-2; c) TBF-3; d) TBF-4; e) SDR-1; f) SDR-2; g) SDR-3 e h) SDR-4.



Fonte: O autor

5.2 ANÁLISE DE DUREZA VICKERS

Os valores de dureza Vickers (VHN), desvio-padrão e razão base/topo das resinas testadas podem ser observados na tabela 4:

Tabela 5: Dureza Vickers (VHN) em mPa, desvio-padrão e razão base/topo das resinas TBF e SDR

Resina	Técnica de Polimerização	Média Topo	Média Base	Razão base/topo
TBF	Técnica 1	71,7 (7,2)	60,7 (5,8)	0,85
	Técnica 2	71,5 (5,6)	65,8 (6,7)	0,92
	Técnica 3	72,7 (1,6)	65,8 (1,3)	0,90
	Técnica 4	74,8 (6,6)	69,2 (5,1)	0,92
SDR	Técnica 1	58,8 (3,7)	54,4 (4,0)	0,92
	Técnica 2	61,5 (5,0)	55,9 (5,8)	0,91
	Técnica 3	55,5 (1,9)	54,3 (5,1)	0,98
	Técnica 4	56,3 (3,4)	51,1 (3,3)	0,91

Fonte: O autor

Ao analisar estatisticamente os resultados de dureza, foi observado que os valores do topo sempre foram superiores aos de base ($p < 0,001$), independente do grupo ou resina testada (Tabela 4). Não houve diferença estatística entre as técnicas, tanto para os dados de topo quanto para os de base. Não houve diferença estatística na razão topo/base entre os grupos para as duas resinas testadas, e todas as estratégias de fotoativação resultaram em uma razão topo/base superior a 0,8.

6 DISCUSSÃO

Neste estudo, foi avaliado se com o aumento da exposição radiante com diferentes estratégias de exposição, a temperatura pulpar *in vitro* aumentaria de forma semelhante. Com base nos resultados obtidos, a primeira hipótese nula (a) que diferentes estratégias de fotopolimerização com diferentes valores de exposição radiante não alteram o padrão de aumento da temperatura pulpar foi rejeitada, visto que houve diferença estatística significativa entre as técnicas 1, 3 e 4 para a resina SDR e entre a técnica 1 e as demais para a resina TBF.

O aumento significativo da temperatura no interior da câmara pulpar durante a aplicação das técnicas 2, 3 e 4 em relação à técnica 1 corrobora achados prévios que mostraram que o aumento na temperatura pulpar está diretamente relacionado aos valores de exposição radiante (J/cm^2) (Runnacles et al. ¹² 2019; Zarpellon et al. ¹⁷ 2018). Neste estudo, 3 modos de exposição testados tinham uma exposição radiante de $48,2 J/cm^2$, e os resultados mostraram que essa maior exposição radiante resultou em maior aumento da temperatura pulpar. Porém, mesmo com essa quantidade de energia, nenhum dos 4 modos de exposição testados alcançou o limiar de $5,5 ^\circ C$ de aumento de temperatura pulpar (Zach e Cohen ¹⁹ 1965). Neste sentido, o maior valor de ΔT observado foi de $4,99 ^\circ C$, registrado quando a resina SDR foi fotoativada pela técnica 4. No estudo *in vivo* realizado por Runnacles et al. (2015), quando foi realizada uma exposição radiante de $74,6 J/cm^2$ em pré-molares hígidos humanos *in vivo*, alguns dentes ultrapassaram esse limiar de aumento de temperatura de $5,5 ^\circ C$ (Runnacles et al. ³⁸ 2015). O mesmo ocorreu no estudo de Zarpellon et al. (2018), onde alguns pré-molares com cavidades Classe V obtiveram valores de variação de temperatura maiores que $5,5 ^\circ C$ quando fotoativados com uma exposição radiante de $73,9 J/cm^2$ (Zarpellon et al. ¹⁷ 2018). Há na literatura vários relatos de aumento de temperatura que variam de acordo com o método usado (Runnacles et al. ¹² 2019; Vinagre et al. ¹⁴ 2019; Akarsu e Aktug Karademir ¹⁵ 2019; Braga et al. ¹⁸ 2019; Runnacles et al. ³⁸ 2015; Yasa et al. ⁵⁰ 2017). As diferenças entre os resultados encontrados nos diferentes estudos podem ser devido a diferenças na espessura de dentina remanescente e diferença na espessura e tipo de resina utilizada, além da diferença de exposição radiante administrada. Além disso, a resina composta por si só também tem efeito de atenuação de calor (Craig e Powers ⁵¹ 2011).

Enquanto nenhuma variação significativa na temperatura foi notada entre as técnicas que compreendiam maiores valores de exposição radiante quando o compósito TBF foi utilizado, a aplicação da técnica 3 nas restaurações com a resina SDR resultou em menores valores de ΔT em comparação aos valores observados quando utilizada a técnica 4 (Tabela 4). Para se entender estas diferenças, torna-se crucial o entendimento dos mecanismos termodinâmicos nos diferentes substratos envolvidos no procedimento restaurador avaliado no estudo. No momento em que a luz do fotopolimerizador atinge a superfície, parte da luz é refletida, parte é absorvida, e outra parte é convertida em calor (Dederich⁵² 1993). No momento em que o calor é distribuído ao longo da camada de resina composta, parte desse calor é absorvido pela estrutura dental ao redor (Runnacles et al.³⁸ 2015). Isso ajudaria explicar a queda abrupta e curta estabilização da temperatura no interior da câmara pulpar ao final da fotoativação inicial na superfície oclusal na técnica 3, seguida por um leve aumento da temperatura durante as outras fotoativações (Figura 7G). Devido à baixa difusividade térmica da dentina ($\approx 1.87 \times 10^{-3} \text{cm}^2/\text{s}$) e do esmalte ($\approx 4.69 \times 10^{-3} \text{cm}^2/\text{s}$) (Brown et al.⁵³ 1970), esse calor é absorvido e armazenado nos substratos (Chiang et al.⁵⁴ 2008), sendo então liberado lentamente em diferentes direções. Deste modo, durante a última etapa da fotoativação na técnica 3, o aumento da temperatura seria atribuído não somente à incidência da luz na face, como também à liberação de calor das outras faces previamente aquecidas pela luz do fotopolimerizador.

Neste sentido, a capacidade de armazenamento do calor e lenta liberação do calor pela dentina e esmalte devido aos baixos valores de difusividade térmica também ajudam a explicar o padrão de aumento da temperatura observado na técnica 4, caracterizado por um aumento constante até o final da aplicação da técnica de fotoativação. Deste modo, a fotoativação transdental iniciada pelas faces vestibular e lingual permitiu um armazenamento do calor nessas faces, que continuou sendo liberado em direção à câmara pulpar mesmo nos intervalos entre fotoativações, resultando no padrão linear observado. Cabe salientar, porém, que embora as diferenças no aumento da temperatura entre estes grupos tenham sido significantes, o impacto clínico destes valores não seria relevante haja visto os baixos valores de ΔT observados quando comparados ao aumento considerado prejudicial à polpa.

Neste estudo, foi observado que o fator “produto” alterou o padrão de aumento

de temperatura, o que está de acordo com estudo prévio que exibiu diferenças quando resinas diferentes foram fotoativadas com o mesmo fotopolimerizador (Kim et al. ⁵⁵ 2017). A resina SDR obteve valores de ΔT e de pico (Tabela 4; Figura 7) maiores do que os da resina TBF. Estudos prévios mostram que resinas com maior conteúdo de matriz resinosa devido à menor quantidade de partículas de carga apresenta uma exotermia maior durante a polimerização do que as resinas contendo maior quantidade de partículas de carga (Baroudi et al. ¹³ 2009; Lempel et al. ³⁵ 2021; Uhl et al. ⁵⁶ 2003; Al-Qudah et al. ⁵⁷ 2005), o que contribui para os maiores aumentos de temperatura no interior da câmara pulpar relatados. Os achados deste estudo corroboram os achados mostrados por Braga et al. (2019), em que a resina SDR produziu maior reação de exotermia do que a resina *bulk-fill* de viscosidade regular utilizada (Braga et al. ¹⁸ 2019). Além disso, o tipo e quantidade de partículas de carga nas resinas avaliadas também tem influência na difusividade térmica destes materiais (Kim et al. ⁵⁵ 2017; Watts et al. ⁵⁸ 1987). Deste modo, a variação na difusividade térmica entre estes compósitos também pode ter contribuído para as diferenças nos valores de temperatura e no padrão de elevação da temperatura observados no estudo.

Com a utilização de simulação de fluxo, este estudo *in vitro* foi realizado tentando simular uma situação *in vivo*. No trabalho realizado por Runnacles et al. (2019) foram comparados modelos *in vivo* e *in vitro* para avaliar aumento de temperatura pulpar. No estudo, os autores observaram que os valores de aumento de temperatura no modelo *in vitro* foram próximos dos valores obtidos para os modelos *in vivo* na maioria dos modos de exposição testados (Runnacles et al. ¹² 2019), e também que o modelo *in vitro* resultou em maiores aumentos de temperatura do que modelo *in vivo* quando utilizados maiores valores de exposição radiante, mesmo utilizando o mesmo dente e o mesmo modo de exposição do fotopolimerizador (Runnacles et al. ¹² 2019). O estudo realizado por Kodonas et al. (2009) mostrou que a simulação de fluxo pulpar influenciou significativamente o aumento de temperatura na câmara pulpar (Kodonas et al. ⁵⁹ 2009). Testes *in vivo* utilizando as mesmas técnicas usadas no presente estudo são necessários a fim de analisar se o mesmo fenômeno *in vitro* relatado ocorrerá *in vivo*.

Os métodos de fotoativação transdentais utilizados nesse estudo foram:

fotopolimerizar por 20 segundos por oclusal, somados a 10 segundos por vestibular seguido por 10 segundos por lingual ou fotopolimerizar por 10 segundos por vestibular, somados a 10 segundos por lingual seguido por 20 segundos por oclusal. Essas técnicas são recomendadas por alguns fabricantes e tem demonstrado promover uma polimerização mais efetiva de toda a resina (Hamlin et al. ⁹ 2016; Campodonico et al. ¹⁰ 2011). O estudo realizado por Hamlin et al. (2016) exibiu que a fotopolimerização transdental aumentou a profundidade de polimerização de resinas compostas *bulk-fill* (Hamlin et al. ⁹ 2016). No presente estudo, não houve diferença estatística na análise de dureza Vickers (Tabela 5) entre as amostras fotopolimerizadas pelas técnicas transdentais quando comparadas com as técnicas por oclusal.

Neste estudo, foi realizada a avaliação da dureza Vickers (VHN). Embora o método mais comumente utilizado para essa finalidade seja a análise de dureza Knoop, o estudo de Poskus et al. (2004) demonstrou que a análise da dureza Vickers exibiu resultados semelhantes em resina composta quando comparada com os valores de dureza Knoop (Poskus et al. ⁶⁰ 2004). Nesse sentido, a segunda hipótese nula, que estabelece que sobre diferentes formas de fotopolimerização não influenciarem nos valores de dureza das resinas *bulk-fill* foi aceita, dado que não houve diferença estatística entre os grupos testados com diferentes técnicas de fotopolimerização. O estudo realizado por Garcia et al. (2014) teve a resina SDR entre as *bulk-fill* testadas, e relatou uma razão base/topo de 0,7 ou menos (Garcia et al. ³⁴ 2014), divergindo dos achados encontrados neste estudo, onde a SDR teve uma razão base/topo de mais de 0,90 para todas as técnicas testadas. Isso pode ter acontecido por conta das diferenças entre os aparelhos fotopolimerizadores utilizados, uma vez que no estudo de Garcia et al. (2014) foi utilizado um fotopolimerizador emitindo uma intensidade de luz de 800 mW/cm², enquanto no presente estudo o fotopolimerizador emitia 1200 mW/cm². O presente estudo está de acordo também com os resultados encontrados por Bucuta et al. (2014), onde foi relatado que as resinas *bulk-fill* testadas, entre elas a SDR, obtiveram valores de base maiores que 80% dos valores de topo (Bucuta e Ilie ⁶¹ 2014).

Em contraste com os achados deste estudo, o estudo realizado por Sartori et al. (2019) relatou uma menor microdureza quando utilizada fotoativação através de

estrutura dentária (Sartori et al. ⁴⁴ 2019). Essa diferença entre os resultados pode ter sido por conta das resinas compostas utilizadas. No estudo de Sartori et al. (2019), foram utilizadas resinas compostas convencionais, já neste estudo foram utilizadas resinas *bulk-fill*, que foram desenvolvidas para obter maiores profundidades de polimerização (Benetti et al. ¹ 2015; Lima et al. ³³ 2018) por meio de diferenças na sua composição quando em comparação às resinas tradicionais, como maior translucidez (Bucuta e Ilie ⁶¹ 2014; Lassila et al. ⁶² 2012), e também a mudança no fotoativador utilizado, deixando de usar apenas a canforoquinona (Palin et al. ³⁰ 2018).

Apenas um dente permanente foi utilizado para todas as restaurações para não haver diferenças em relação às dimensões do preparo cavitário e posição do termopar. Para isso, não foi utilizado nenhum sistema adesivo com o intuito de facilitar a remoção da restauração após a coleta dos dados de temperatura. A ausência da aplicação de adesivo seguida da fotoativação poderia tornar os resultados do presente estudo questionáveis, haja visto o aumento da temperatura pulpar prévio durante a exposição do preparo cavitário a luz do fotopolimerizador (Zarpellon et al. ¹⁷ 2018; Zarpellon et al. ⁶³ 2019; Gross et al. ⁶⁴ 2020). No entanto, estudos prévios *in vivo* demonstraram haver uma queda abrupta na temperatura pulpar para valores em torno de 29 °C durante os procedimentos de condicionamento e remoção do ácido fosfórico com jato de ar e água por 15 segundos (Zarpellon et al. ¹⁷ 2018), e que por este motivo a fotoativação da camada de adesivo elevaria a temperatura pulpar a valores em torno de 32 °C, próximos aos valores de temperatura basal de aproximadamente 35 °C observados em estudos *in vivo* nestas condições (Runnacles et al. ³⁸ 2015; Runnacles et al. ⁴⁹ 2015). Deste modo, a temperatura basal de 35°C foi considerada com base no tempo requerido para inserir e esculpir a camada de resina composta após a fotoativação do adesivo.

Outro fator que pode ter contribuído para os padrões de aumento de temperatura pulpar relatados pode ser a espessura dentinária remanescente na da parede pulpar (Murray et al. ⁶⁵ 2003; Aguiar et al. ⁶⁶ 2006). Nesta análise, a espessura dentinária para todos os testes foi a mesma, de 1,5 mm, por ter sido usado somente um dente. Há estudos que relatam uma correlação entre espessura dentinária remanescente e aumento da temperatura pulpar, mostrando que quanto menor o remanescente, mais próximo da polpa a resina composta se encontra e, com isso,

maior é o aumento da temperatura pulpar (Aguiar et al. ⁶⁶ 2006; Yazici et al. ⁶⁷ 2006). Porém, o estudo realizado por Guiraldo et al. (2008) mostrou que não houve diferença significativa no aumento de temperatura quando o remanescente dentinário tinha as espessuras de 0,5 mm ou 1 mm (Guiraldo et al. ⁶⁸ 2008). Já o estudo realizado por Aguiar et al. (2006) mostrou que quando foi realizada a fotoativação em uma amostra sem remanescente dentinário, houve um maior aumento de temperatura, e esse aumento fica menos expressivo quando fotoativadas amostras com 1, 2 ou 3 mm, relatando ainda que as amostras com 3 mm tiveram um aumento de temperatura não significativo clinicamente (Aguiar et al. ⁶⁶ 2006). Os achados relatados no presente estudo podem, portanto, estar relacionados com o remanescente dentinário, sendo assim, pode haver maiores aumentos de temperatura pulpar se cavidades com menos remanescente dentinário forem restauradas com resinas *bulk-fill*.

Da mesma forma, a parede vestibular e a parede lingual possuíam aproximadamente 3,1 e 2,6 mm de espessura. Há relatos na literatura que em cavidades profundas há um maior aumento da temperatura pulpar (Akarsu e Aktug Karademir ¹⁵ 2019) e também que, quanto menor a espessura dentinária remanescente, maior o aumento de temperatura pulpar (Al-Qudah et al. ⁵⁷ 2005; da Silva et al. ⁶⁹ 2010). Deste modo, é possível que valores maiores sejam observados quando o preparo cavitário apresentar espessuras menores de dentina remanescente nas paredes circundantes. Estudos são necessários para averiguar os efeitos destas técnicas de fotoativação em dentes e preparos cavitários com dimensões diferentes daquelas avaliadas no presente estudo.

7 CONCLUSÃO

Diante dos resultados exibidos e das limitações do estudo, pode-se afirmar que:

- Nenhuma das técnicas testadas causou um aumento de temperatura maior que o limiar de 5,5 °C;
- A resina SDR obteve valores de aumento de temperatura e pico maiores do que a resina TBF;
- Não houve diferença estatística nos valores de dureza entre as técnicas avaliadas de ambas as resinas testadas;
- Ambas as resinas testadas obtiveram valores aceitáveis de razão topo/base da restauração.

REFERÊNCIAS

1. Benetti AR, Havndrup-Pedersen C, Honore D, Pedersen MK, Pallesen U. Bulk-fill resin composites: polymerization contraction, depth of cure, and gap formation. *Oper Dent*. 2015; Mar-Apr;40(2):190-200.
2. Flury S, Peutzfeldt A, Lussi A. Influence of increment thickness on microhardness and dentin bond strength of bulk fill resin composites. *Dent Mater*. 2014; Oct;30(10):1104-12.
3. Fronza BM, Rueggeberg FA, Braga RR, Mogilevych B, Soares LE, Martin AA, et al. Monomer conversion, microhardness, internal marginal adaptation, and shrinkage stress of bulk-fill resin composites. *Dent Mater*. 2015; Dec;31(12):1542-51.
4. Rizzante FAP, Duque JA, Duarte MAH, Mondelli RFL, Mendonca G, Ishikiriyama SK. Polymerization shrinkage, microhardness and depth of cure of bulk fill resin composites. *Dent Mater J*. 2019; Jun 1;38(3):403-10.
5. Shimokawa C, Turbino ML, Giannini M, Braga RR, Price RB. Effect of Curing Light and Exposure Time on the Polymerization of Bulk-Fill Resin-Based Composites in Molar Teeth. *Oper Dent*. 2020; May/Jun;45(3):E141-E55.
6. Slack WE, Yancey EM, Lien W, Sheridan R, Phoenix R, Vandewalle K. Effect of high-irradiance light curing on exposure times and pulpal temperature of adequately polymerized composite. *Dent Mater J*. 2020; Dec 3;39(6):976-83.
7. Daugherty MM, Lien W, Mansell MR, Risk DL, Savett DA, Vandewalle KS. Effect of high-intensity curing lights on the polymerization of bulk-fill composites. *Dent Mater*. 2018; Oct;34(10):1531-41.
8. de Mendonca BC, Soto-Montero JR, de Castro EF, Kury M, Cavalli V, Rueggeberg FA, et al. Effect of extended light activation and increment thickness on physical properties of conventional and bulk-filled resin-based composites. *Clin Oral Investig*. 2021; Nov 26.
9. Hamlin NJ, Bailey C, Motyka NC, Vandewalle KS. Effect of Tooth-structure Thickness on Light Attenuation and Depth of Cure. *Operative Dentistry*. 2016;41:200 - 7.
10. Campodonico CE, Tantbirojn D, Olin PS, Versluis A. Cuspal deflection and depth of cure in resin-based composite restorations filled by using bulk, incremental and transtooth-illumination techniques. *Journal of the American Dental Association*. 2011:1176-82.
11. Ernst CP, Price RB, Callaway A, Masek A, Schwarm H, Rullmann I, et al. Visible Light Curing Devices - Irradiance and Use in 302 German Dental Offices. *J Adhes Dent*. 2018;20(1):41-55.
12. Runnacles P, Arrais CAG, Maucoski C, Coelho U, De Goes MF, Rueggeberg FA.

- Comparison of in vivo and in vitro models to evaluate pulp temperature rise during exposure to a Polywave(R) LED light curing unit. *J Appl Oral Sci.* 2019; May 20;27:e20180480.
13. Baroudi K, Silikas N, Watts DC. In vitro pulp chamber temperature rise from irradiation and exotherm of flowable composites. *Int J Paediatr Dent.* 2009; Jan;19(1):48-54.
 14. Vinagre A, Ramos JC, Rebelo C, Basto JF, Messias A, Alberto N, et al. Pulp Temperature Rise Induced by Light-Emitting Diode Light-Curing Units Using an Ex Vivo Model. *Materials (Basel).* 2019; Jan 29;12(3).
 15. Akarsu S, Aktug Karademir S. Influence of Bulk-Fill Composites, Polymerization Modes, and Remaining Dentin Thickness on Intrapulpal Temperature Rise. *Biomed Res Int.* 2019;2019:4250284.
 16. Choi SH, Roulet JF, Heintze SD, Park SH. Influence of cavity preparation, light-curing units, and composite filling on intrapulpal temperature increase in an in vitro tooth model. *Oper Dent.* 2014; Sep-Oct;39(5):E195-205.
 17. Zarpellon DC, Runnacles P, Maucoski C, Gross DJ, Coelho U, Rueggeberg FA, et al. Influence of Class V preparation on in vivo temperature rise in anesthetized human pulp during exposure to a Polywave((R)) LED light curing unit. *Dent Mater.* 2018; Jun;34(6):901-9.
 18. Braga S, Oliveira L, Ribeiro M, Vilela A, da Silva GR, Price RB, et al. Effect of Simulated Pulpal Microcirculation on Temperature When Light Curing Bulk Fill Composites. *Oper Dent.* 2019; May/Jun;44(3):289-301.
 19. Zach L, Cohen G. Pulp response to externally applied heat. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1965:515-30.
 20. Buonocore MG. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *Journal of Dental Research.* 1955; December;34:849-53.
 21. Bowen RL. Composite and sealant resins--past, present, and future. *Pediatr Dent.* 1982; Mar;4(1):10-5.
 22. Davidson CL, Feilzer AJ. Polymerization shrinkage and polymerization shrinkage stress in polymer-based restoratives. *J Dent.* 1997; Nov;25(6):435-40.
 23. Al Sunbul H, Silikas N, Watts DC. Polymerization shrinkage kinetics and shrinkage-stress in dental resin-composites. *Dent Mater.* 2016; Aug;32(8):998-1006.
 24. Ferracane JL. Buonocore Lecture. Placing dental composites--a stressful experience. *Oper Dent.* 2008; May-Jun;33(3):247-57.
 25. Ferracane JL, Hilton TJ. Polymerization stress--is it clinically meaningful? *Dent Mater.* 2016; Jan;32(1):1-10.

26. Han SH, Park SH. Incremental and Bulk-fill Techniques With Bulk-fill Resin Composite in Different Cavity Configurations. *Oper Dent*. 2018; Nov/Dec;43(6):631-41.
27. Feilzer AJ, De Gee AJ, Davidson CL. Setting stress in composite resin in relation to configuration of the restoration. *J Dent Res*. 1987; Nov;66(11):1636-9.
28. Cunha LG, Alonso RC, Pfeifer CS, Correr-Sobrinho L, Ferracane JL, Sinhoreti MA. Contraction stress and physical properties development of a resin-based composite irradiated using modulated curing methods at two C-factor levels. *Dent Mater*. 2008; Mar;24(3):392-8.
29. Fronza BM, Ayres A, Pacheco RR, Rueggeberg FA, Dias C, Giannini M. Characterization of Inorganic Filler Content, Mechanical Properties, and Light Transmission of Bulk-fill Resin Composites. *Oper Dent*. 2017; Jul/Aug;42(4):445-55.
30. Palin WM, Leprince JG, Hadis MA. Shining a light on high volume photocurable materials. *Dent Mater*. 2018; May;34(5):695-710.
31. 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. *Dent Mater*. 2019; Oct;35(10):e249-e64.
32. Almeida LJ, Penha KJS, Souza AF, Lula ECO, Magalhaes FC, Lima DM, et al. Is there correlation between polymerization shrinkage, gap formation, and void in bulk fill composites? A muCT study. *Braz Oral Res*. 2017; Dec 18;31:e100.
33. Lima RBW, Troconis CCM, Moreno MBP, Murillo-Gomez F, De Goes MF. Depth of cure of bulk fill resin composites: A systematic review. *J Esthet Restor Dent*. 2018; Nov;30(6):492-501.
34. Garcia D, Yaman P, Dennison J, Neiva G. Polymerization shrinkage and depth of cure of bulk fill flowable composite resins. *Oper Dent*. 2014; Jul-Aug;39(4):441-8.
35. Lempel E, Ori Z, Kincses D, Lovasz BV, Kunsagi-Mate S, Szalma J. Degree of conversion and in vitro temperature rise of pulp chamber during polymerization of flowable and sculptable conventional, bulk-fill and short-fibre reinforced resin composites. *Dent Mater*. 2021; Jun;37(6):983-97.
36. Reis A, Loguercio AD. *Materiais Dentários Diretos: dos Fundamentos à Aplicação Clínica*. 2 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan: 2021.
37. Rueggeberg FA, Giannini M, Arrais CAG, Price RBT. Light curing in dentistry and clinical implications: a literature review. *Braz Oral Res*. 2017; Aug 28;31(suppl 1):e61.
38. Runnacles P, Arrais CA, Pochapski MT, Dos Santos FA, Coelho U, Gomes JC, et al. In vivo temperature rise in anesthetized human pulp during exposure to a

polywave LED light curing unit. *Dent Mater.* 2015; May;31(5):505-13.

39. Peutzfeldt A, Asmussen E. Resin Composite Properties and energy density of light cure. *J Dent Res.* 2005;84(7):659-62.
40. Jain L, Mehta D, Meena N, Gupta R. Influence of Light Energy Density, Composite Type, Composite Thickness, and Postcuring Phase on Degree of Conversion of Bulk-fill Composites. *Contemp Clin Dent.* 2018; Jun;9(Suppl 1):S147-S52.
41. Emami N, Söderholm K-JM, Berglund LA. Effect of light power density variations on bulk curing properties of dental composites. *Journal of Dentistry.* 2003;31(3):189-96.
42. Magalhaes Filho TR, Weig KM, Costa MF, Werneck MM, Barthem RB, Costa Neto CA. Effect of LED-LCU light irradiance distribution on mechanical properties of resin based materials. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl.* 2016; Jun;63:301-7.
43. Shimokawa CAK, Turbino ML, Giannini M, Braga RR, Price RB. Effect of light curing units on the polymerization of bulk fill resin-based composites. *Dent Mater.* 2018; Aug;34(8):1211-21.
44. Sartori N, Knezevic A, Peruchi LD, Phark JH, Duarte S, Jr. Effects of Light Attenuation through Dental Tissues on Cure Depth of Composite Resins. *Acta Stomatol Croat.* 2019; Jun;53(2):95-105.
45. Uusitalo E, Varrelä J, Lassila L, Vallittu PK. Transmission of Curing Light through Moist, Air-Dried, and EDTA Treated Dentine and Enamel. *Biomed Res Int.* 2016;2016:5713962.
46. Kumar P, Nayak RS, Tan K, Mohan KA, Pasha A. Bracket Bond Strength with Transillumination of a Light Activated Orthodontic Adhesive and the Effect of Curing Time and Tooth Thickness on it: An in vitro Study. *J Ind Orthod Soc.* 2013;47(3):148-53.
47. Tjan AHL, Dunn JR. Temperature rise produced by various visible light generators through dentinal barriers. *The Journal of Prosthetic Dentistry.* 1988;59.
48. Al-Qudah AA, Mitchell CA, Biagioni PA, Hussey DL. Effect of composite shade, increment thickness and curing light on temperature rise during photocuring. *J Dent.* 2007; Mar;35(3):238-45.
49. Runnacles P, Arrais CA, Pochapski MT, dos Santos FA, Coelho U, Gomes JC, et al. Direct measurement of time-dependent anesthetized in vivo human pulp temperature. *Dent Mater.* 2015; Jan;31(1):53-9.
50. Yasa E, Atalayin C, Karacolak G, Sari T, Turkun S. Intrapulpal temperature changes during curing of different bulk-fill restorative materials. *Dental Materials Journal.* 2017;36:566-72.

51. Craig RG, Powers JM. *Craig's Restorative Dental Materials*. 14 ed. St. Louis, Missouri: Elsevier: 2011.
52. Dederich DN. Laser/tissue interaction: what happens to laser light when it strikes tissue? *J Am Dent Assoc*. 1993; Feb;124(2):57-61.
53. Brown WS, Dewey WA, Jacobs HR. Thermal properties of teeth. *J Dent Res*. 1970; Jul-Aug;49(4):752-5.
54. Chiang YC, Lee BS, Wang YL, Cheng YA, Chen YL, Shiau JS, et al. Microstructural changes of enamel, dentin-enamel junction, and dentin induced by irradiating outer enamel surfaces with CO2 laser. *Lasers Med Sci*. 2008; Jan;23(1):41-8.
55. Kim MJ, Kim RJ, Ferracane J, Lee IB. Thermographic analysis of the effect of composite type, layering method, and curing light on the temperature rise of photo-cured composites in tooth cavities. *Dent Mater*. 2017; Oct;33(10):e373-e83.
56. Uhl A, Mills RW, Jandt KD. Polymerization and light-induced heat of dental composites cured with led and halogen technology. *Biomaterials*. 2003;24:1809-20.
57. Al-Qudah AA, Mitchell CA, Biagioni PA, Hussey DL. Thermographic investigation of contemporary resin-containing dental materials. *J Dent*. 2005; Aug;33(7):593-602.
58. Watts DC, McAndrew R, Lloyd CH. Thermal diffusivity of composite restorative materials. *J Dent Res*. 1987; Oct;66(10):1576-8.
59. Kodonas K, Gogos C, Tziafas D. Effect of simulated pulpal microcirculation on intrapulpal temperature changes following application of heat on tooth surfaces. *Int Endod J*. 2009; Mar;42(3):247-52.
60. Poskus LT, Placido E, Cardoso PE. Influence of placement techniques on Vickers and Knoop hardness of class II composite resin restorations. *Dent Mater*. 2004; Oct;20(8):726-32.
61. Bucuta S, Ilie N. Light transmittance and micro-mechanical properties of bulk fill vs. conventional resin based composites. *Clin Oral Investig*. 2014; Nov;18(8):1991-2000.
62. Lassila LVJ, Nargas E, Vallittu PK, Garoushi S. Translucency of flowable bulk-filling composites of various thicknesses. *The Chinese Journal of Dental Research*. 2012;15(1):31-5.
63. Zarpellon DC, Runnacles P, Maucoski C, Coelho U, Rueggeberg FA, Arrais C. Controlling In Vivo, Human Pulp Temperature Rise Caused by LED Curing Light Exposure. *Oper Dent*. 2019; May/Jun;44(3):235-41.
64. Gross DJ, Dávila-Sánchez A, Runnacles P, Zarpellon DC, Kiratcz F, Campagnoli

- EB, et al. In vivo temperature rise and acute inflammatory response in anesthetized human pulp tissue of premolars having Class V preparations after exposure to Polywave® LED light curing units. *Dental Materials*. 2020;36(9):1201-13.
65. Murray PE, Smith AJ, Windsor LJ, Mjör IA. Remaining dentine thickness and human pulp responses. *International Endodontic Journal*. 2003;36:33-43.
 66. Aguiar FH, Barros GK, Lima DA, Ambrosano GM, Lovadino JR. Effect of composite resin polymerization modes on temperature rise in human dentin of different thicknesses: an in vitro study. *Biomed Mater*. 2006; Sep;1(3):140-3.
 67. Yazici AR, Müftü A, Kugel G, Perry RD. Comparison of temperature changes in the pulp chamber induced by various light curing units, in vitro. *Operative Dentistry*. 2006;31:261-5.
 68. Guiraldo RD, Consani S, Lympius T, Schneider LFJ, Sinhoreti MAC, Corrêa-Sobrinho L. Influence of the light curing unit and thickness of residual dentin on generation of heat during composite photoactivation. *Journal of Oral Science*. 2008;50:137-42.
 69. da Silva EM, Penelas AG, Simão MS, Filho JD, Poskus LT, Guimarães JG. Influence of the degree of dentine mineralization on pulp chamber temperature increase during resin-based composite (RBC) light-activation. *J Dent*. 2010; Apr;38(4):336-42.

**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



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Avaliação da alteração da temperatura pulpar e formação de fendas internas na interface restauradora em dentes restaurados com Resinas Bulk Fill com diferentes estratégias de polimerização

Pesquisador: Cesar Augusto Galvão Arrais

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 49403321.6.0000.0105

Instituição Proponente: Universidade Estadual de Ponta Grossa

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 4.881.321

Apresentação do Projeto:

Projeto de Pesquisa:

Avaliação da alteração da temperatura pulpar e formação de fendas internas na interface restauradora em dentes restaurados com Resinas Bulk Fill com diferentes estratégias de polimerização. 1 dente será utilizado para análise do padrão de temperatura pulpar e 128 dentes para a análise de padrão de formação de fendas de interface na

parede pulpar da cavidade. Para a análise de temperatura pulpar a temperatura no interior da câmara pulpar será avaliada em tempo real durante a

inserção e fotoativação das resinas compostas bulk fill Tetric N Ceram Bulk Fill (Ivoclar Vivadent) e Surefill SDR flow (Dentsply Sirona). As resinas

serão fotoativadas de diferentes modos: 10 s por oclusal; 40 segundos por oclusal; 20 segundos por oclusal seguido de 10 segundos por vestibular e

10 por lingual; 10 segundos por vestibular, seguido de 10 segundos por lingual e 20 segundos por oclusal, cada grupo experimental terá um n=5 e

serão 8 grupos experimentais no total (2 resinas compostas x 4 modos de fotoativação). Todos os testes de temperatura na restauração serão

realizados no mesmo dente. Para a análise de formação de fendas, os dentes serão restaurados e metade será armazenada em umidade relativa

Endereço: Av. Gen. Carlos Cavalcanti, nº 4748. UEPG, Campus Uvaranas, Bloco da Reitoria, sala 22

Bairro: Uvaranas **CEP:** 84.030-900

UF: PR **Município:** PONTA GROSSA

Telefone: (42)3220-3282

E-mail: propespsecretaria@uepg.br

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE
PONTA GROSSA - UEPG



Continuação do Parecer: 4.881.321

Recomendações:

Enviar o relatório final ao término do projeto de pesquisa por Notificação via Plataforma Brasil para evitar pendências.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Projeto foi aprovado sem restrições, após avaliação documental. O projeto se encontra dentro dos princípios éticos e metodológicos, de acordo com o Conselho Nacional de Saúde, Resolução 466/2012 e 510/2016

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_INFORMACOES_BASICAS_DO_PROJETO_1781543.pdf	30/06/2021 14:28:09		Aceito
Declaração de Manuseio Material Biológico / Biorepositório / Biobanco	declaracao_banco_de_dentes.pdf	30/06/2021 14:14:14	JULIANA ANANY GONZALES GUARNERI	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	justificativa_ausencia_tcle_temp.pdf	25/06/2021 09:32:28	JULIANA ANANY GONZALES GUARNERI	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_rosto_temperatura_gap.pdf	25/06/2021 09:32:19	JULIANA ANANY GONZALES GUARNERI	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Protocolo_pesquisa_temperatura_gap.pdf	24/06/2021 15:42:15	Cesar Augusto Galvão Arrais	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: Av. Gen. Carlos Cavalcanti, nº 4748. UEPG, Campus Uvararanas, Bloco da Reitoria, sala 22
Bairro: Uvaranas **CEP:** 84.030-900
UF: PR **Município:** PONTA GROSSA
Telefone: (42)3220-3282 **E-mail:** propespsecretaria@uepg.br