



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA

Paola Luiz Casteler

**Avaliação da microdureza de resinas compostas submetidas à diferentes  
métodos de pós-polimerização**

Florianópolis  
2023

Paola Luiz Casteler

**Avaliação da microdureza de resinas compostas submetidas à diferentes  
métodos de pós-polimerização**

Trabalho de Conclusão de Curso de  
Graduação em Odontologia do Centro  
de Ciências da Saúde da Universidade  
Federal de Santa Catarina como  
requisito para a obtenção do título de  
Cirurgiã-Dentista.

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Silvana Batalha  
Silva

Coorientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Renata  
Gondo Machado

Florianópolis

2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Casteler, Paola Luiz

Avaliação da microdureza de resinas compostas submetidas à diferentes métodos de pós-polimerização / Paola Luiz Casteler ; orientador, Silvana Batalha Silva, coorientador, Renata Gondo Machado, 2023.

49 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências da Saúde, Graduação em Odontologia, Florianópolis, 2023.

Inclui referências.

1. Odontologia. 2. Polimerização. 3. Microdureza. 4. Resina Composta. 5. Semi-direta. I. Silva, Silvana Batalha. II. Machado, Renata Gondo. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Odontologia. IV. Título.

Paola Luiz Casteler

**Avaliação da microdureza de resinas compostas submetidas à diferentes métodos de pós-polimerização**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de cirurgião-dentista e aprovado em sua forma final pelo Departamento de Odontologia da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 06 de novembro de 2023.

---

Profa. Dra. Glaucia Santos Zimmermann  
Coordenadora do Curso de Odontologia

**Banca Examinadora:**

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Silvana Batalha Silva  
Orientadora  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Dra. Carolina Mayumi Cavalcanti Taguchi  
Avaliadora  
IOA – Centro de Pós-graduação

---

Prof. Dr. Sylvio Monteiro Júnior  
Avaliador  
Universidade Federal de Santa Catarina

Dedico este trabalho àquelas que sempre dedicaram suas vidas por mim: minha mãe, Patricia Vitali Luiz Casteler, e minha avó, Maria Albertina Vitali Luiz

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a **Deus** por todas as bênçãos em minha vida, pela orientação e apoio constantes, e pela oportunidade de enfrentar desafios e crescer como pessoa.

Agradeço à minha mãe, **Patricia**, por ser a fonte da minha maior inspiração. Tenho a convicção de que ela está imensamente orgulhosa por realizar o sonho de obter um diploma da UFSC, e estou determinada a continuar a honrar sua memória e encher seu coração de orgulho com as minhas conquistas. Mesmo como uma estrela, sei que sua orientação e amor continuam a iluminar cada passo da minha jornada.

Agradeço à minha avó, **Maria Albertina**, por ser não apenas uma avó, mas também minha mãe, melhor amiga e companheira. Você é a melhor pessoa que conheço, e o verdadeiro significado do amor e bondade se reflete em cada gesto seu. Tudo o que sou e tudo o que conquistei devo a você. Obrigada por tudo. Eu te amo.

Agradeço ao meu pai, **Emerson**, e ao meu avô, **Sérgio**, que sempre me apoiaram e estiveram ao meu lado. Vocês representam o verdadeiro significado da paternidade e serei eternamente grata. Amo vocês.

Agradeço ao meu namorado, **Mateus Gabriel**, por ser meu apoio durante este período. Crescer e evoluir ao seu lado é uma das melhores experiências da minha vida. Sua presença em todos os momentos é valiosa. Eu te amo.

Agradeço à minha dupla, **Rafaela**, e ao meu amigo, **Natan**, por serem imprescindíveis nessa caminhada. Vocês foram meu maior apoio e coração dentro e fora da UFSC, tenho certeza de que continuaremos caminhando juntos. Vocês são o meu melhor presente da graduação. Amo vocês.

Agradeço às minhas “roomies”, **Laurin e Marília**, por serem a família que escolhi. Vocês são fundamentais na minha rotina e eu sou profundamente grata por toda parceria, acolhimento e amor que compartilhamos em nossa casa. Saber que tenho vocês faz todos os desafios serem mais fáceis. Eu amo vocês.

Agradeço à minha orientadora perfeita, **Silvana Batalha**, por ter sido muito mais que orientadora. Ela é inspiração e foi a essência do trabalho, desde o início. Seu apoio foi fundamental em todas as etapas. Sua excelência como professora, mestre, orientadora e ser humano é inigualável. Obrigada por acreditar em mim.

Agradeço à minha coorientadora, **Renata Gondo**, por todo apoio à pesquisa. Sua excelência profissional é uma verdadeira fonte de inspiração.

Agradeço ao professor **Sylvio Monteiro Júnior**, por representar o maior exemplo de profissional que já conheci. Eu admiro você desde o primeiro contato com suas aulas. Você é o verdadeiro significado de professor e é minha maior fonte de inspiração na odontologia. Agradeço também por ter aceitado o convite de participar da banca, juntamente à Dra. **Carolina Taguchi**.

## RESUMO

A técnica semidireta é recomendada na reabilitação de dentes posteriores com cavidades extensas, porém, ainda não existem estudos suficientes sobre a necessidade de se realizar procedimentos de pós-polimerização, ou mesmo, um protocolo definido que aprimore as suas propriedades mecânicas. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi comparar a influência de diferentes métodos de pós-polimerização utilizadas em restaurações semi-diretas, em relação à microdureza de duas resinas compostas nanohíbridas: Zinconfill e Applic. As amostras padronizadas foram confeccionadas com 1cm de diâmetro e 2,6mm de espessura, polimerizadas na base e no topo seguindo as recomendações do fabricante. Com um total de 80 amostras padronizadas, os espécimes das duas diferentes resinas compostas foram subdivididos em 4 subgrupos de acordo com o método de pós-polimerização empregado (n=10). Em seguida, os espécimes foram distribuídos aleatoriamente em 4 subgrupos: Subgrupo 1 – controle; Subgrupo 2 – fotoativação complementar por 3 segundos, no topo e na base, em alta potência (3.200 mW/cm<sup>2</sup>); Subgrupo 3 – pós-polimerização adicional em forno microondas, com imersão em 200ml de água e irradiados por 4 minutos e 27 segundos; Subgrupo 4 – pós-polimerização em Autoclave a 129°C por 16 minutos. Após sete dias de armazenamento imersas em água e sob abrigo da luz, as amostras foram submetidas ao teste de microdureza Vickers. Os valores médios foram tabulados e submetidos a análise estatística ANOVA e teste de Bonferroni. Observou-se que o grupo Applic apresentou os valores de dureza mais elevados, com uma diferença estatisticamente significativa em relação ao grupo Zirconfill, para todos os métodos de pós-polimerização testados. Tanto a pós-polimerização em micro-ondas quanto em autoclave proporcionaram os resultados mais favoráveis para ambos os grupos. Com base nas conclusões deste estudo, fica evidente que a pós-polimerização teve um impacto positivo nos valores de microdureza, e que a composição específica de cada resina composta desempenhou um papel crucial nos resultados obtidos.

**Palavras-chave:** 1. Dureza. 2. Resinas Compostas. 3. Polimerização



## ABSTRACT

The semi-direct technique is recommended for the rehabilitation of posterior teeth with extensive cavities, however, there are still not enough studies on the need to carry out post-polymerization procedures, or even a defined protocol that improves their mechanical properties. Therefore, the objective of this work was to compare the influence of different post-polymerization methods used in semi-direct restorations, in relation to the microhardness of two nanohybrid composite resins: Zinconfill and Applic. The standardized samples were made with 1cm in diameter and 2.6mm in thickness, polymerized at the base and top following the manufacturer's recommendations. With a total of 80 standardized samples, the specimens of two different composite resins were subdivided into 4 subgroups according to the post-polymerization method used (n=10). Then, the specimens were randomly distributed into 4 subgroups: Subgroup 1 – control; Subgroup 2 – complementary photoactivation for 3 seconds, at the top and bottom, at high power (3,200 mW/cm<sup>2</sup>); Subgroup 3 – additional post-polymerization in a microwave oven, with immersion in 200ml of water and irradiated for 4 minutes and 27 seconds; Subgroup 4 – post-polymerization in Autoclave at 129°C for 16 minutes. After seven days of storage immersed in water and protected from light, the samples were applied to the Vickers microhardness test. The average values were tabulated and subjected to ANOVA and Bonferroni test statistical analysis. Note that the Applic group presented the highest hardness values, with a statistically significant difference in relation to the Zirconfill group, for all post-polymerization methods tested. Both microwave and autoclave post-polymerization provided the more detailed results for both groups. Based on the conclusions of this study, it is clear that post-polymerization had a positive impact on microhardness values, and that the specific composition of each resin played a crucial role in the results obtained.

**Keywords:** 1. Hardness. 2. Composite Resins. 3. Polymerization

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Resinas compostas utilizadas na pesquisa.....	<b>30</b>
<b>Figura 2</b> - Micro-ondas MEF41.....	<b>30</b>
<b>Figura 3</b> - Autoclave Cristófoli Vitali 12l manual.....	<b>31</b>
<b>Figura 4</b> - Fotopolimerizador Valo Cordless.....	<b>31</b>
<b>Figura 5</b> - Microdurômetro VH1102 - Wilson Hardness.....	<b>31</b>
<b>Figura 6</b> – Confeção das amostras.....	<b>33</b>
<b>Figura 7</b> – Especímetro e amostra.....	<b>34</b>
<b>Figura 8</b> – Pastas de polimento.....	<b>34</b>

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1</b> - Valores médios de microdureza de Vickers (HV) através dos métodos de pós-polimerização das resinas compostas avaliadas.....	<b>38</b>
--	-----------

## **LISTA DE ILUSTRAÇÕES (QUADROS)**

<b>Quadro 1</b> - Material utilizado e composição química segundo o fabricante.....	<b>29</b>
<b>Quadro 2</b> - Equipamentos utilizados e suas especificações.....	<b>30</b>
<b>Quadro 3</b> - Divisão em grupos e subgrupos das amostras utilizadas no estudo.....	<b>32</b>

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores médios de microdureza de Vickers (HV) das resinas compostas avaliadas.....	38
---	----

## LISTA DE ABREVIATURAS E SÍLABAS

Bis-EMA: Bisfenol hidroxietil metacrilato

Bis-GMA: Bisfenol glicidil metacrilato

cm: centímetros

EGDMA: Etilenoglicoldimetacrilato

*et al.*: e outros colaboradores

gf: grama-força

HV: Hardness Vickers

Kgf/cm<sup>2</sup>: quilograma-força por centímetro quadrado

KPa: quilo Pascal

mN: milinewton

ml: mililitros

mm: milímetros

mW/cm<sup>2</sup>: miliwatts por centímetro quadrado

nm: nanômetros

TEGDMA: Trietilenoglicol dimetacrilato

UDMA: Uretano dimetacrilato

UFSC: Universidade Federal de Santa Catarina

W: Watts

°C: grau Celsius

## LISTA DE SÍMBOLOS

%: Por cento

<: Menor que

=: Igual a

>: Maior que

±: Mais ou menos





## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>18</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>21</b>
2.1 RESINAS COMPOSTAS.....	21
2.2 POLIMERIZAÇÃO E MICRODUREZA.....	22
<b>3 OBJETIVOS</b> .....	<b>28</b>
3.1 OBJETIVO GERAL .....	28
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	28
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>29</b>
4.1 MATERIAIS.....	29
4.2 MÉTODOS .....	32
4.2.1 Divisão dos grupos.....	32
4.2.2 Confeção das amostras .....	33
4.2.3 Métodos de pós-polimerização .....	35
4.2.4 Avaliação da microdureza.....	35
<b>5 RESULTADOS</b> .....	<b>37</b>
<b>6 DISCUSSÃO</b> .....	<b>39</b>
<b>7 CONCLUSÃO</b> .....	<b>44</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>45</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>49</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Há décadas, as resinas compostas têm desempenhado um papel fundamental na odontologia, revolucionando consideravelmente a abordagem aos tratamentos de restauração e reabilitação dentária. (BALBINOT, *et al.*, 2022). Os dentes posteriores podem ser reparados usando restaurações compostas de maneira indireta, semi-direta ou indireta. A seleção entre elas é um grande desafio clínico e um ponto importante a ser avaliado para enfim decidir a melhor técnica é a quantidade de estrutura dental remanescente (AZEEM; SURESHBABU, 2018).

Aperfeiçoamentos nas propriedades dos compósitos resinosos e na aplicação desses materiais são estudados há anos, a fim de melhorar o sucesso clínico das reabilitações. Além disso, é o material mais utilizado nas restaurações diretas (BALBINOT, *et al.*, 2022). Segundo Loguercio e colaboradores (2019), a construção das restaurações diretas de resina composta normalmente ocorre em etapas, onde cada incremento é polimerizado separadamente durante o processo conhecido como restauração incremental.

A técnica direta é um desafio na restauração de grandes cavidades, devido às tensões geradas pela contração de polimerização, complexidade na adaptação marginal e a dificuldade em obter uma anatomia oclusal e contato proximal adequados. Diferentes estratégias de fotoativação podem ser úteis como alternativas eficazes para reduzir e controlar a tensão de contração de polimerização de compósitos, como luz intermitente, ativação exponencial, soft-start e pulso tardio, pois a contração de polimerização pode afetar diretamente à qualidade e a durabilidade dos materiais odontológicos utilizados (Münchow *et al.*, 2018). Com isso, uma alternativa viável é a restauração indireta de resina composta, a qual facilita esse processo (COSTA, *et al.*, 2023). Além disso, para Nandini (2010) a maior vantagem da técnica indireta é que a contração de polimerização do compósito acontece fora da cavidade e, após essa contração, é cimentado com cimentos resinosos.

Ao combinar as vantagens das técnicas diretas e indiretas, surge a técnica semi-direta, que oferece uma abordagem mais simples e com menor custo ao paciente, porém, o cirurgião-dentista investe um tempo de trabalho maior pois é também responsável por confeccionar a peça protética. Ela possui as mesmas

indicações da técnica indireta, mas se destaca pela possibilidade de o preparo, a moldagem e a cimentação, ocorrerem em uma única sessão (MARQUES; GUIMARÃES, 2015). Há pesquisas disponíveis na literatura que sugerem a utilização de resina composta semi-direta sujeita a diferentes tratamentos térmicos, como uma alternativa às restaurações indiretas (AROSSI *et al.*, 2007; ARAÚJO *et al.*, 2010; GRAZIOLI *et al.*, 2019; SOUZA, 2020). Esses procedimentos térmicos podem ser conduzidos em autoclave e forno micro-ondas, que são geralmente encontrados em consultórios odontológicos e podem oferecer vantagens econômicas significativas em relação ao processamento laboratorial de restaurações indiretas, tornando uma opção atrativa em termos financeiros para o aprimoramento das propriedades térmicas dos compósitos (GRAZIOLI *et al.*, 2019).

Além disso, para Arossi e colaboradores (2007), ao realizar um tratamento térmico de pós-polimerização, como autoclave, estufa e forno micro-ondas, imediatamente após a fotoativação, é possível aumentar o grau de conversão e aprimorar as propriedades mecânicas das resinas, como a dureza, nas restaurações semi-diretas.

Para avaliar a qualidade da polimerização das resinas compostas podem ser realizados diversos testes. O mais utilizado é o da microdureza, o qual mensura a resistência das estruturas sólidas à indentação ou penetração. Mudanças na dureza refletem o grau de polimerização da resina. Superfícies com baixa dureza são mais propensas a rugosidades, o que compromete a resistência à fadiga e assim, leva a falhas nas restaurações (SCHNEIDER *et al.*, 2016). Sendo assim, para Maximov e colaboradores (2022), a avaliação da eficácia da polimerização pode ser realizada considerando o resultado em relação à dureza do material. Com isso, é fundamental considerar que existe uma relação positiva estabelecida entre a taxa de conversão da polimerização e a dureza do material restaurador. Essa relação direta é essencial na determinação da longevidade do tratamento restaurador. Portanto, é de suma importância realizar um planejamento adequado para qualquer tipo de tratamento, inclusive para os profissionais com vasta experiência (BARATIERI, *et al.*, 2006).

A ausência de um guia estabelecido para restaurações semi-diretas, a ampla gama de resinas compostas à disposição e a diversidade de métodos de pós-polimerização despertaram o interesse na escolha do tema da seguinte pesquisa.

Com isso, o propósito da mesma foi investigar a influência dos diferentes métodos de pós-polimerização na microdureza das resinas compostas nas restaurações semi-diretas.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 RESINAS COMPOSTAS

As resinas compostas são amplamente utilizadas na odontologia, desempenhando diferentes funções, desde a restauração de cáries dentárias até a cimentação de restaurações (DEJAK; MIOTKOWSKI, 2015). Atualmente, há uma grande variedade de estudos com diferentes avanços na formulação das resinas compostas, com o objetivo de aumentar a durabilidade e alcançar uma estética satisfatória (RODRIGUES *et al.*, 2021). Para Dauvillier *et al.* (2000), apesar das melhorias significativas nas propriedades físico-mecânicas dos materiais à base de resina, a contração volumétrica intrínseca e a tensão de contração gerada durante a polimerização continuam sendo uma importante limitação desses materiais.

Segundo Cruz (2016), a categorização das resinas compostas é amplamente adotada por diferentes pesquisadores com base em três principais critérios: a dimensão média das partículas (que pode variar entre: macroparticuladas, microparticuladas, híbridas, microhíbridas, nanohíbridas e nanoparticuladas), a viscosidade (baixa, média ou alta) e o método de ativação (que envolve opções como fotoativação ou ativação química)

A resina composta é uma composição de matriz orgânica, inorgânica e um agente de união. Na parte orgânica, os monômeros são os principais componentes da mesma e os mais utilizados são: Bis-GMA (Bisfenol glicidil metacrilato) e o UDMA (Uretano Dimetacrilato), que são monômeros de alto peso molecular, conferindo alta viscosidade, e os monômeros TEGDMA (Trietilenoglicol dimetacrilato) e EGDMA (etilenoglicoldimetacrilato), de baixo peso molecular. Sendo assim, quanto menor a viscosidade da matriz orgânica, pode ser incorporado maior quantidade de carga, aumentando as propriedades mecânicas, como rigidez e resistência mecânica, diminuindo o coeficiente de expansão térmica linear. No entanto, a adição de TEGDMA causa o efeito oposto, aumentando a contração de polimerização da resina composta (REIS *et al.*, 2021).

Segundo Severo e Reis (2022), conforme citado por Adriano & Araújo Júnior (2007), juntamente com as contribuições de Flach (2016), as resinas nanoparticuladas

foram introduzidas na odontologia para atender à demanda por um material versátil que pudesse ser utilizado tanto em dentes anteriores, quanto em posteriores.

De acordo com Cruz (*apud* Terry, 2005), quando se trata da tecnologia das resinas compostas, o tamanho e a quantidade das partículas desempenham um papel crucial na escolha apropriada do material. Sendo assim, como mencionado por Severo e Reis (2022); Adriano & Araújo Junior (2007) e Flach (2016), no desenvolvimento e criação de novas classificações de materiais restauradores, as resinas nanoparticuladas, inicialmente, foram lançadas com partículas de carga de tamanho médio de 20 nm, que é semelhante ao tamanho das partículas encontradas em compósitos microparticulados. Porém, nos compósitos microparticulados, as partículas tendem a se aglomerar, resultando em uma alta viscosidade do material. Por outro lado, nos compósitos nanoparticulados, as partículas não se aglomeram, levando a uma baixa viscosidade do material. Embora esses compósitos apresentem uma boa resistência mecânica, eles não são tão resistentes quanto os compósitos híbridos ou microhíbridos. Para melhorar essa característica, foram adicionadas partículas de vidro a esses compósitos, criando assim, as resinas nanohíbridas.

A nanotecnologia possibilita a criação de resinas com partículas muito menores, que podem ser dissolvidas em altas concentrações e polimerizadas em um sistema resinoso. Isso ocorre através da compatibilidade das moléculas com o polímero, resultando na obtenção de características físicas, mecânicas e ópticas específicas (Cruz *apud* Terry, 2005). Para Patil, Acharya e Gijnjupalli (2021), ao contrário das resinas convencionais, os nanocompósitos oferecem maior resistência às tensões funcionais. Os compósitos nanohíbridos têm menos matriz orgânica e mais cargas inorgânicas, resultando em menor contração de polimerização em comparação aos compósitos nanoparticulados.

## 2.2 POLIMERIZAÇÃO E MICRODUREZA

O início do processo de fotopolimerização ocorre por meio da absorção da luz em uma faixa específica de comprimento de onda. Esse processo envolve um componente, geralmente uma alfadiquetina, como a canforoquinona, que uma vez ativado, entra em ação com um agente redutor, geralmente uma amina alifática (BARATIERI *et al.*, 1995).

O sucesso e a durabilidade das restaurações estão intrinsecamente ligados à correta polimerização da resina composta (DENIS, 2007). Diferentes formas de polimerização da resina composta são estudadas a fim de aumentar a durabilidade do material. Para Nunes (2006), na década de 1970, a tecnologia LED ingressou no mercado e concorreu com as lâmpadas halógenas convencionais e, assim, melhorou as propriedades físicas e mecânicas destes materiais.

Os fotoativadores geralmente emitem um espectro de comprimento de onda que varia de 400 a 550 nm. Essas unidades podem apresentar diferenças na distribuição espectral, na intensidade de luz e radiação, dependendo do tipo de aparelho utilizado (MARCIANO, 2005 *apud* SOARES, 2002). Um fator que altera as propriedades físicas dos materiais, como força de adesão e a resistência, é a intensidade da luz, que é medida em  $\text{mW}/\text{cm}^2$ , e com isso, a variação dos valores de intensidade podem resultar em alterações significativas na profundidade de polimerização das resinas (MARCIANO, 2005 *apud* ARAÚJO *et al.*, 1996).

Além disso, para Arossi *et al.* (2007), a dureza superficial de uma resina composta está relacionada ao tipo de carga inorgânica presente e ela guarda uma correlação com o grau de conversão. Essa relação a torna um método que reflete as características físicas dos compósitos. Ademais, para Esmaeili *et al.* (2014), existem duas categorias principais de técnicas para avaliar a polimerização de resinas compostas: diretas e indiretas. As técnicas diretas, como a espectroscopia de infravermelho transformada de Fourier (FTIR), são utilizadas para determinar o grau de conversão, porém, elas são conhecidas por serem complexas, com elevado custo financeiro e tempo. No entanto, as técnicas indiretas, como o teste de raspagem e o de dureza, oferecem uma abordagem mais simples e econômica. A dureza superficial, que mede a resistência à deformação superficial, representa um método indireto para avaliar o grau de polimerização.

A pesquisa conduzida por Arossi *et al.* (2007), investigou a eficácia de abordagens alternativas de polimerização para resinas diretas. Os resultados indicaram que a polimerização complementar por meio de autoclave, micro-ondas ou estufa mostrou-se eficaz, resultando em um aumento na microdureza da resina que havia sido previamente fotopolimerizada (ARAÚJO; MEDEIROS; RODRIGUES, 2010). Além disso, a fotoativação complementar por calor e pressão, proporciona uma

polimerização mais uniforme e completa, aumentando as propriedades mecânicas do material restaurador (CARVALHO, *et al.*, 2020).

Para Araújo *et al.* (2010), ao longo do processo de irradiação por micro-ondas, a energia proveniente das micro-ondas é absorvida pelo objeto irradiado e imediatamente convertida em calor. É possível que o aumento na microdureza esteja relacionada à capacidade da energia das micro-ondas em estimular uma produção de calor mais significativa, resultante da agitação das moléculas de água e com isso, contribuindo para um grau de conversão mais elevado dos monômeros em polímeros.

O aumento da dureza observada a um processo adicional de polimerização por calor, pode ser atribuída ao aumento do grau de conversão das resinas quando expostas a temperaturas próximas à temperatura de transição vítrea. Esse aumento de temperatura resulta em uma maior mobilidade dos monômeros livres o que por sua vez promove uma maior flexibilidade nas cadeias poliméricas e um aumento na energia cinética dos monômeros livres. Essas condições propiciam a ocorrência de novas reações dos radicais ativados e como resultado, ocorre um aumento no número de ligações cruzadas na matriz orgânica, conferindo ao compósito uma maior estabilidade e rigidez, o que se traduz em uma maior microdureza (ARAÚJO *et al.*, 2010).

Para avaliar a dureza superficial, podem ser utilizadas duas escalas: Vickers e Knoop. Na escala Knoop, sua utilização é principalmente para materiais frágeis e de camadas finas, pois são empregadas forças inferiores a 1 kgf utilizando indentadores de diamantes em formato de pirâmide alongada, sendo que a relação entre a diagonal maior para a diagonal menor é de 7:1, que resulta em impressões de formato alongado de dimensões microscópicas, logo, passam por uma equação para conferência dos resultados. Através da escala Vickers, um diamante com formato piramidal, base quadrada e ângulos entre as faces de  $136^\circ$  é inserido em uma máquina de compressão equipada com um microscópio acoplado, que realiza uma indentação sob a superfície do espécime e com base na intensidade da força aplicada e na média das diagonais da impressão, é possível calcular o valor da dureza superficial do material (GONTARSKI, 2021 *apud* SOUZA, 1982). Sendo assim, quanto maior for a resistência do material, maior será o grau de conversão do compósito (DIMER, *et al.*, 2015).



No estudo conduzido por Dias e colaboradores (2020), foram testadas cinco tipos de resinas compostas, cada uma com sua composição única, sendo elas divididas em cinco diferentes grupos: Filtek P60 (cor A3, microhíbrida, 3M ESPE Dental Products, St. Paul, EUA), Filtek Z250XT (cor A3, microhíbrida e nanoparticulada, 3M ESPE Dental Products, St. Paul, EUA), Filtek Z350XT (cor A3, nanoparticulada, 3M ESPE Dental Products, St. Paul, EUA), Filtek One Bulk Fill Restorative (cor A3, nanoparticulada, 3M ESPE Dental Products, St. Paul, EUA) e Brilliant Everglow (cor A2/B2, submicrohíbrida e nanoparticulada, Coltene Whaledent AG, Suíça). Cada uma dessas resinas foi submetida a três diferentes métodos de polimerização: fotopolimerização isolada, fotopolimerização seguida de autoclave e fotopolimerização seguida de micro-ondas. Isso resultou em 15 grupos de estudo, com cada resina sendo testada sob os três métodos de polimerização mencionados. Para cada grupo de estudo, foram confeccionados 10 espécimes, totalizando 150 amostras no conjunto. Esses espécimes foram produzidos utilizando matrizes de aço divididas, com dimensões de 4 mm de diâmetro e 2 mm de espessura. Os compósitos foram inseridos nessas matrizes e, em seguida, cobertos por uma tira de poliéster, sobreposta por uma lâmina de vidro, a fim de garantir uma superfície plana e polida. A fotopolimerização foi realizada por 20 segundos usando um dispositivo LED (Radical, SDI) com uma intensidade entre 900 e 1.200 mW/cm<sup>2</sup>. Após a fotopolimerização inicial, 10 amostras de cada grupo foram autoclavadas a 129°C por 16 minutos em temperatura ambiente e sob pressão de 216 kPa (2,2 kgf/cm<sup>2</sup>) na Autoclave Vitale Clássica (Cristófoli, São Paulo, Brasil). Adicionalmente, outras 10 amostras de cada grupo foram imersas em 8 ml de água destilada e submetidas a 3 minutos de exposição em forno micro-ondas, operando a uma potência de 450 W (Electrolux MTD30). Após a conclusão do método de polimerização complementar, todas as amostras foram armazenadas em água e em um ambiente fechado, protegido da luz, durante um período de 48 horas. Após esse período, foram submetidas a testes de microdureza Vickers, com três medições aleatórias realizadas em cada amostra, com uma carga de 300 gf aplicada por 15 segundos, utilizando o microdurômetro Insize ISHV - D120 (INSIZE - Loganville, Georgia, EUA). A análise estatística incluiu o teste ANOVA para comparar os métodos de polimerização, que resultou na semelhança da microdureza entre os métodos pós-polimerizados estudados. Cada técnica de análise

evidenciou um comportamento específico em relação a cada variedade de resina, sendo que a pós-polimerização aumentou os valores de microdureza para as resinas Brilliant Everglow (Coltene) e Filtek One Bulkfill (3M) e diminuiu para as seguintes resinas da marca comercial 3M: Filtek P60, Filtek Z350XT e Filtek Z250XT.

Araújo et al. (2009) conduziram um estudo para investigar os efeitos da polimerização adicional utilizando estufa e micro-ondas na dureza Vickers de duas resinas compostas, ambas da marca 3M ESPE (São Paulo, Brasil): Filtek P60 (híbrida) e Filtek Z350 (nanoparticulada). Foram fabricadas 40 amostras de cada tipo de resina e para a confecção das mesmas, foi empregada uma matriz metálica com um orifício interno de 1 centímetro de diâmetro. A matriz foi posicionada sobre uma placa de vidro e na superfície acomodada uma tira de poliéster. A seguir, a fotopolimerização foi realizada durante 60 segundos utilizando um equipamento CL-K200 (Kondortech, São Paulo, Brasil). Cada grupo de resina foi dividido em 4 subgrupos (n=10), sendo um grupo controle, o qual as amostras receberam apenas a fotoativação convencional e três subgrupos que passaram por etapas de pós-polimerização após a fotoativação convencional. O subgrupo que recebeu polimerização adicional em estufa, as amostras foram aquecidas a uma temperatura de 125°C, por 10 minutos. No entanto, as amostras pós-polimerizadas em micro-ondas receberam aquecimento individual, por 5 minutos a uma potência de 480W, sendo um subgrupo as amostras passaram por aquecimento seco e outro subgrupo, as amostras foram imersas em 200 ml de água durante o procedimento. Após sete dias de armazenamento em um recipiente contendo água, protegido da exposição à luz, procedeu-se ao teste de dureza Vickers, com a aplicação de uma carga de 100gf durante um intervalo de 10 segundos em três pontos distintos de cada amostra. Os dados obtidos foram submetidos a uma análise estatística de variância (ANOVA), seguida pelo teste de Tukey, com um nível de significância estabelecido em 5%. Após a avaliação dos resultados, observou-se que os procedimentos de pós-polimerização resultaram em um aumento substancial na microdureza da resina Filtek P60. Contudo, no que diz respeito à resina Filtek Z350, não houve um aumento considerável na sua dureza em comparação com o grupo de controle.

De maneira semelhante a este estudo, Souza (2020) conduziu uma pesquisa que explorou os efeitos de três métodos de pós-polimerização nas propriedades

mecânicas de resinas compostas, com foco na microdureza Vickers. O estudo empregou três diferentes tipos de resinas compostas da marca FGM (Joinville, Brasil), todas na cor A2. Essas resinas foram agrupadas em três grupos: Opallis, resina nanohíbrida indicada para restaurações diretas; Opallis Lab, uma resina micro-híbrida utilizada em restaurações indiretas; e Vittra APS, resina nanoparticulada recomendada para restaurações diretas. Inicialmente, foram fabricados 40 espécimes de cada grupo de resina, através de uma matriz metálica com 2,6 mm de espessura e 2,3 mm de diâmetro, posicionada entre duas placas de vidro e preenchidas com resina composta. Todas as amostras foram fotopolimerizadas (Valo Cordless, Ultradent, South Jordan, USA) com uma potência de 1.000 mW/cm<sup>2</sup>, de acordo com o fabricante, no topo e na base, totalizando 120 amostras. Em seguida, cada grupo de resina foi subdividido com base nos métodos de pós-polimerização empregados, que consistiram em: grupo controle - não submetido a qualquer procedimento adicional de pós-polimerização; fotoativação complementar - recebeu exposição adicional na parte superior e inferior por 3 segundos, com uma intensidade de 3.200 mW/cm<sup>2</sup>; micro-ondas - cada amostra foi imersa individualmente em 200 ml de água e aquecida a uma potência de 800W (Piccolo Style, Panasonic, Minas Gerais, Brasil) por 4 minutos; autoclave - as amostras foram embaladas individualmente em papel grau e submetidas a uma pressão de 2,2 Kg/cm<sup>2</sup>, a 134° C, por 5 minutos. Após um período de sete dias de armazenamento em água, mantido ao abrigo da luz, todas as amostras foram submetidas ao teste de microdureza Vickers (HNV-G, Micro Hardness Tester, Shimadzu, São Paulo, Brasil), aplicando uma carga de 100gf (980,7mN) durante 10 segundos em três locais aleatórios da superfície. Os valores médios resultantes foram submetidos a análise estatística ANOVA, com um nível de significância de 5%. Os resultados indicaram que a resina composta Vittra apresentou os valores mais elevados de dureza em comparação com os outros grupos. Além disso, a pós-polimerização por micro-ondas obteve os melhores resultados nos grupos Vittra e Opallis Lab, ao passo que o grupo Opallis obteve os melhores resultados com a fotoativação complementar. Assim, este estudo evidenciou a eficácia dos métodos de pós-polimerização testados e a importância da composição específica de cada resina composta em contextos de reabilitação odontológica.

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GERAL**

Comparar a influência de diferentes métodos de pós-polimerização na microdureza de duas resinas compostas nanohíbridas.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Comparar os valores de microdureza entre as resinas compostas nanohíbridas Applic e Zirconfill, ambas da fabricante Maquira.
- Analisar e comparar, em cada resina composta, os valores de microdureza após os métodos de pós-polimerização (fotoativação complementar, autoclave e micro-ondas) com a fotoativação convencional.

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 MATERIAIS

Os materiais e instrumentos utilizados nesta pesquisa estão listados nos quadros e figuras, a seguir:

Quadro 1: Material utilizado e composição química segundo o fabricante.

<b>RESINA</b>	<b>Zinconfill</b>	<b>APPLIC</b>
<b>TIPO</b>	Nanohíbrida	Nanohíbrida
<b>COMPOSIÇÃO</b>	Monômeros: Bis-GMA, Bis-EMA, TEGDMA e UDMA; fotoiniciador; diatomita; sílica; óxido misto de zircônia e sílica e pigmentos	Grupos dimetacrilatos (Bis-GMA, UDMA, TEGDMA, etil p-dimetilamino benzoato), catalisadores, carga orgânica, dióxido de silício, fluoreto de sódio, etanol, Carbopol, BHT e óxido de ferro.
<b>COR</b>	A1	A1
<b>MATRIZ INORGÂNICA</b>	80%	60-80%
<b>FABRICANTE</b>	BM4 - MAQUIRA Maringá, Brasil	MAQUIRA Maringá, Brasil
<b>LOTE</b>	699722	644822





Figura 1 - Resinas compostas utilizadas na pesquisa  
Fonte: Manoela Vieira e Renata Gondo (2023)

Quadro 2: Equipamentos utilizados e suas especificações.

EQUIPAMENTO	ESPECIFICAÇÕES	FABRICANTE E LOCAL DE FABRICAÇÃO
FOTOPOLIMERIZADOR	Valo Cordless	Ultradent South Jordan, USA
AUTOCLAVE	Vitale 12 Litros	Cristófoli Equipamentos de Biossegurança LTDA Campo Mourão, Brasil
MICRO-ONDAS	Electrolux MEF41	Electrolux da Amazonia LTDA Manaus, Brasil
MICRODURÔMETRO	VH1102 - Wilson Hardness	Buehler Lake Bluff, USA



Figura 2 – Micro-ondas MEF41  
Fonte: Electrolux, 2023



Figura 3 – Autoclave Cristófoli Vitali 12l manual

Fonte: Catálogo Hospitalar, 2023



Figura 4 – Fotopolimerizador Valo Cordless

Fonte: Roberta Pereira e Bruna Borges, 2020



Figura 5 – Microdurômetro VH1102 - Wilson Hardness

Fonte: PR NEWSWIRE, 2023

## 4.2 MÉTODOS

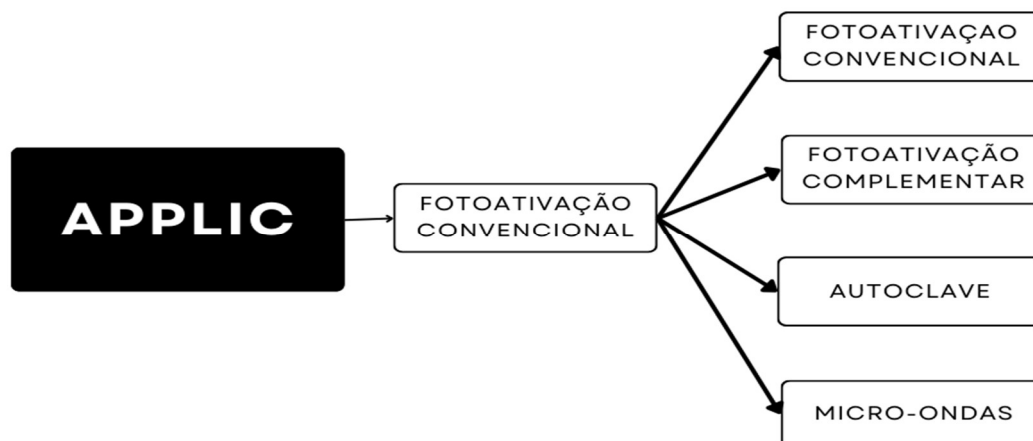
### 4.2.1 Divisão dos grupos

Para a seguinte pesquisa, foram selecionadas as seguintes resinas compostas, que constituíram 2 grupos:

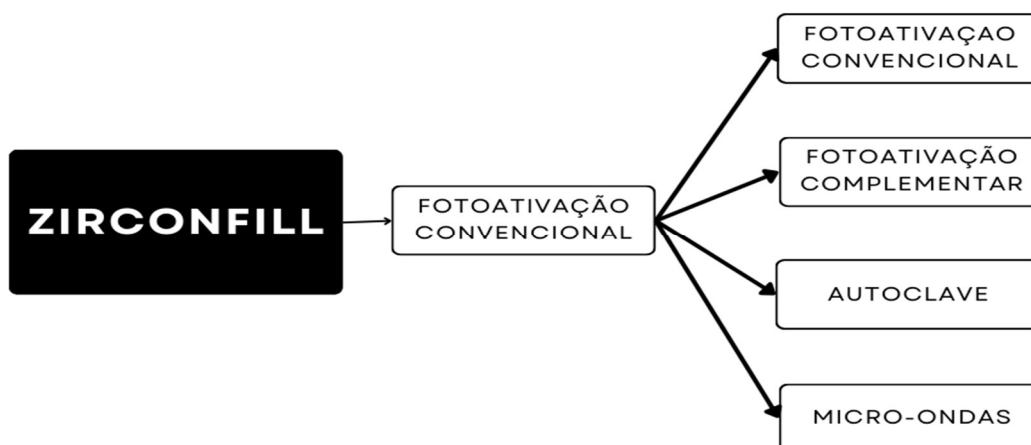
- Grupo Z – Resina Composta Nanohíbrida (Zirconfill, BM4, Maquira)
- Grupo A – Resina Composta Nanohíbrida (Applic, Maquira)

Para cada grupo, foram confeccionadas 40 amostras, que foram subdivididas aleatoriamente em 4 subgrupos (n=10) de acordo com o tratamento polimerização estabelecido: somente fotoativação convencional, fotoativação convencional acrescido de fotoativação complementar, fotoativação convencional acrescido de aquecimento em micro-ondas, e fotoativação convencional aliado ao calor e pressão em autoclave (quadro 3).

Quadro 3 – Divisão em grupos e subgrupos das amostras utilizadas no estudo







#### 4.2.2 Confeção das amostras

As amostras foram confeccionadas com auxílio de uma matriz metálica, em formato de disco, com 2,6mm de altura e 1cm de diâmetro, a qual foi apoiada sobre uma placa de vidro coberta por uma folha de poliéster e inseridos incrementos de resina composta (figura 6). Sobre a última camada de resina foi posto uma folha de poliéster e uma placa de vidro, que, pressionada, nivelou a superfície das amostras.

A seguir, cada amostra foi fotoativada com o fotopolimerizador Valo Cordless (Ultradent, South Jordan, USA) de modo potência Standard por 20 segundos no topo e na base. O modo potência Standard do fotopolimerizador, segundo o manual de instruções do produto, possui irradiância de 1.000 mW/cm<sup>2</sup> e comprimento de onda entre 395 nm e 415 nm.

A mensuração das amostras foi realizada com um especímetro para garantir a padronização das medidas (figura 7).

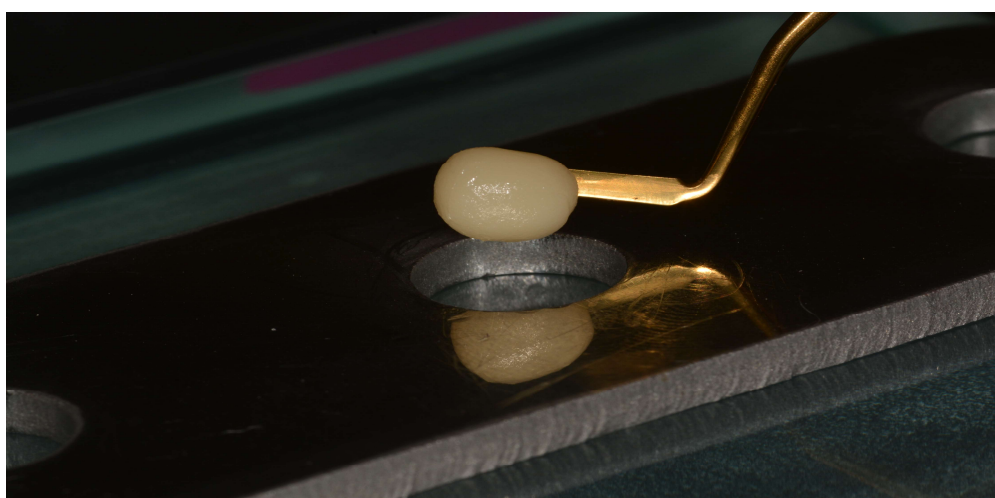


Figura 6 – Confeção das amostras  
Fonte: Manoela Vieira e Renata Gondo (2023)



Figura 7 – Especímetro e amostra  
Fonte: Manoela Vieira e Renata Gondo (2023)

#### 4.2.2.1 Acabamento e polimento

Cada face das amostras foi polida com pastas à base de óxido de alumínio de dois passos, Diamond Ac I e II (FGM, Joinville, Brasil), em um feltro (American Burrs, Palhoça, Brasil) montado à peça reta e micromotor (Kavo, Joinville, Brasil). As amostras foram armazenadas em água, em temperatura ambiente, dentro de uma caixa com divisórias ao abrigo da luz, por sete dias.



Figura 8 – Pastas de polimento  
Fonte: Manoela Vieira e Renata Gondo (2023)

### **4.2.3 Métodos de pós-polimerização**

#### *4.2.3.1 Fotoativação complementar*

As amostras que sofreram fotoativação complementar, receberam um pulso extra com o fotopolimerizador Valo Cordless (Ultradent, South Jordan, USA) no seu modo Potência Extra, por três segundos, no topo e na base de cada amostra. Este modo possui irradiância de 3.200 mW/cm<sup>2</sup> e alcança um comprimento de onda superior efetivo de 440-480nm.

#### *4.2.3.2 Aquecimento em micro-ondas*

Cada amostra deste grupo de pós-polimerização foi imersa individualmente em um recipiente com 200ml de água e aquecido em forno micro-ondas Electrolux MEF41 (Electrolux da Amazônia, Manaus, Brasil) por 4 minutos e 27 segundos em potência máxima 900W. Posteriormente, foram removidos e permaneceram em temperatura ambiente.

#### *4.2.3.3 Aplicação de calor e pressão em autoclave*

As amostras deste grupo foram embaladas individualmente em um papel grau e, em seguida, foram autoclavados a 129°C no equipamento AC-05, Vitale 12 Litros (Cristófoli Equipamentos de Biossegurança, Campo Mourão, Brasil), com a fase de esterilização durante 16 minutos, por um ciclo completo de 50 a 60 minutos, com uma pressão interna de 1,8 Kgf/cm<sup>2</sup>. O ciclo é composto pelas seguintes etapas: pré-vácuo, aquecimento, esterilização e secagem.

### **4.2.4 Avaliação da microdureza**

A microdureza Vickers foi medida na superfície de cada amostra, utilizando o Microdurômetro VH-1102 Wilson Hardness (Buehler, Lake Bluff, USA), após 7 dias da confecção de cada amostra. A carga aplicada em cada superfície foi de 100gf (980,7mN) durante 10 segundos, sendo realizada em três pontos com 0,6mm de distância entre o ponto central. Após as análises, foi realizada a média aritmética para a análise estatística.

#### 4.2.4.1 *Análise estatística*

Para a análise de comparação entre os resultados de microdureza realizados, os dados foram submetidos ao teste estatístico ANOVA (Análise de Variância de grupos diferentes). O pós-teste de Bonferroni foi aplicado para a comparação entre os tipos de resina e entre os métodos adicionais de polimerização. O nível de significância de 5% foi adotado para todas as análises.

## 5 RESULTADOS

Os valores médios de microdureza das resinas compostas avaliadas com diferentes métodos de pós-polimerização podem ser observados na Tabela 1. Todos os grupos apresentaram homogeneidade e normalidade dos dados e observou-se, pelo teste ANOVA de dois fatores, interação entre as variáveis.

Os métodos de pós-polimerização resultaram estatisticamente em maiores valores de microdureza para todas as resinas compostas avaliadas em relação à fotopolimerização convencional.

A análise do método adicional de polimerização demonstrou que não há diferença significativa entre os métodos adicionais de polimerização nos grupos da resina Applic.

O grupo Applic apresentou os maiores valores de dureza, diferindo estatisticamente do grupo Zirconfill para todos os métodos testados.

No grupo da resina Zirconfill, foi observado que a polimerização adicional por micro-ondas e a polimerização por autoclave apresentaram estatisticamente maiores valores de microdureza em relação ao grupo controle - fotopolimerização convencional.

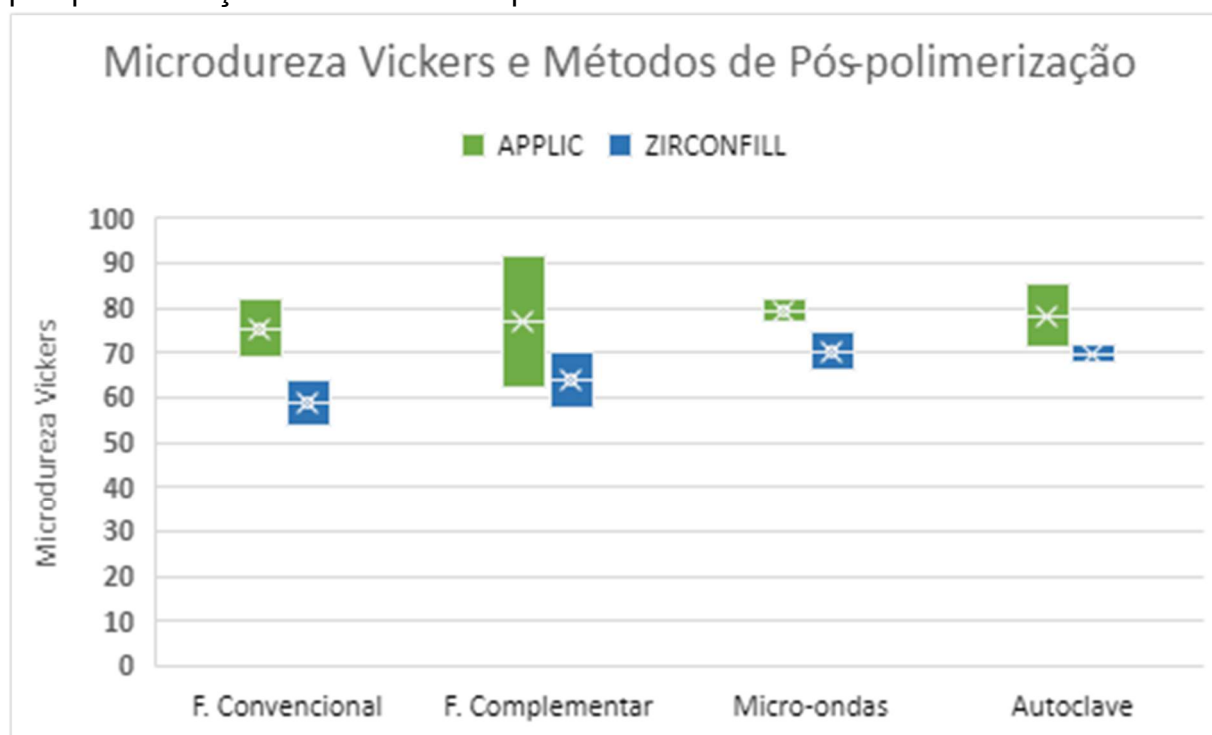
A fotopolimerização complementar apresentou valores intermediários de microdureza, sem diferença entre os demais subgrupos.

Tabela 1 - Valores médios de microdureza de Vickers (HV) das resinas compostas avaliadas, para diferentes métodos de pós-polimerização.

Método de Polimerização	Applic	Zirconfill
Fotopolimerização convencional	75,34±6,49 <sup>B,a</sup>	58,87±5,23
Fotopolimerização complementar	77,01±14,83 <sup>A,a</sup>	64,04±6,25 <sup>B,a</sup>
Micro-ondas	79,48±2,68 <sup>A,a</sup>	70,43±4,21 <sup>B,b</sup>
Autoclave	78,36±7,16 <sup>A,a</sup>	69,78±2,10 <sup>B,b</sup>

Análise intergrupo: Letras maiúsculas diferentes nas linhas indicam diferença significativa entre as resinas (ANOVA + Bonferroni); Análise intragrupo: letras minúsculas diferentes nas colunas indicam diferença significativa entre os métodos adicionais de polimerização (ANOVA + Bonferroni).

Gráfico 1 - Valores médios de microdureza de Vickers (HV) através dos métodos de pós-polimerização das resinas compostas avaliadas.



## 6 DISCUSSÃO

Não há um protocolo claramente definido que visa aprimorar a efetividade das restaurações semi-diretas. A importância desse tópico reside na complexidade que envolve a restauração dentária e na necessidade de otimizar os procedimentos clínicos para obter resultados mais consistentes e satisfatórios. A falta de um protocolo estabelecido se traduz em incertezas na prática odontológica, uma vez que os profissionais muitas vezes precisam tomar decisões baseadas em experiências individuais ou em diretrizes gerais que podem não ser adequadas a casos específicos. Isso pode resultar em variações significativas nos resultados das restaurações semi-diretas, afetando a longevidade, estabilidade e qualidade das restaurações dentárias.

Por meio da revisão da literatura e pesquisas laboratoriais, busca-se desenvolver diretrizes e recomendações que possam servir de base para a criação de um protocolo claro e eficaz na área da odontologia restauradora. Dessa forma, a pesquisa visa não apenas aprimorar a prática clínica, proporcionando resultados mais previsíveis e duradouros para os pacientes, mas também, contribuir para o avanço do conhecimento na área de materiais dentários e prótese odontológica, de forma a buscar alternativas viáveis na reabilitação de dentes amplamente destruídos.

As resinas compostas escolhidas para o seguinte estudo são do mesmo fabricante (Maquira, Maringá, Brasil), tendo como carga partículas nanohíbridas com indicação para restaurações diretas. Elas foram desenvolvidas para oferecer uma combinação equilibrada de resistência e estética. Geralmente, as resinas nanohíbridas exibem boas propriedades mecânicas e podem ser mais resistentes do que resinas convencionais em muitos cenários. Para Cruz (2016), a incorporação de partículas de carga de tamanho nanométrico e microscópico nas resinas permite que elas tenham uma resistência à compressão, tração e desgaste aprimorada, tornando-as apropriadas para outras aplicações.

A polimerização representa uma etapa fundamental no processo de endurecimento das resinas compostas, no qual os monômeros presentes na matriz se conectam por meio de reações químicas, resultando na formação de macromoléculas denominadas polímeros (ANUSAVICE, 1998).

É amplamente reconhecido que a dureza das resinas compostas é suscetível a variações em seu grau de polimerização, o qual é influenciado por uma série de variáveis, incluindo o tempo de produção ou armazenamento do produto, o modelo de fotopolimerizador utilizado, a tonalidade da resina, a duração da polimerização, o período de pós-polimerização, a intensidade da luz empregada e a profundidade dentro da resina composta. Sabe-se que há possibilidade de obter melhorias nas propriedades mecânicas do material restaurador por meio do processo de pós-polimerização (SANTOS *et al.*, 2000). A inclusão dessa etapa adicional de polimerização térmica se traduz em aprimoramentos significativos na microdureza, na capacidade de resistência à flexão, na tenacidade à fratura e na resistência ao desgaste. Essas melhorias, por sua vez, conferem ao tratamento restaurador uma maior eficácia e durabilidade (DIAS *et al.*, 2020). No que diz respeito ao intervalo de tempo entre o procedimento restaurador e a avaliação da microdureza, constatou-se, em estudos de natureza semelhante (AROSSI *et al.*, 2007, ARAÚJO *et al.*, 2009, SOUZA, 2020), que a medição da microdureza ocorreu uma semana após a conclusão do método de pós-polimerização. Nesse período, observou-se um aumento significativo nos resultados da microdureza, justificando, assim, a metodologia empregada neste estudo. Possivelmente, esta foi a razão pela qual os valores de microdureza não foram tão satisfatórios após a realização da pós-polimerização no estudo conduzido por Dias (2020), uma vez que a medição aconteceu apenas 48 horas depois, comparado a outros estudos que adotaram um período de uma semana para a avaliação.

Na literatura, é evidente que a quantidade de espécimes utilizados em experimentos varia de 5 a 10 por grupo. Portanto, a decisão foi tomada de produzir um total de 80 corpos de prova padronizados. Estes foram divididos em dois grupos, correspondentes às resinas compostas avaliadas, e posteriormente distribuídos de maneira aleatória em quatro subgrupos, resultando em um conjunto de 10 espécimes por subgrupo.

Diversos autores já relataram a aplicação de calor como um método de polimerização complementar (ARAÚJO *et al.*, 2009; DIMER *et al.*, 2015; SCHNEIDER *et al.*, 2016) e a utilização do calor associado a pressão também é visto em estudos anteriores (AROSSI, 2007; SOUZA, 2020). Além disso, há destaque na literatura a



aplicação de polimerização com o uso de diferentes fontes de luz, densidades de potência e energias de ativação (NUNES *et al.*, 2006). Dessa forma, os métodos selecionados para a pós-polimerização foram deliberadamente escolhidos por sua facilidade de acesso e usabilidade por cirurgiões-dentistas, tornando-os aplicáveis no contexto da prática clínica diária.

Após a conclusão do processo de pós-polimerização empregado em cada um dos subgrupos, prosseguiu-se com o acabamento e polimento de cada espécime. Vale ressaltar que, na literatura, há registros de estudos nos quais o acabamento e polimento não foram realizados, mas ainda assim, os resultados obtidos foram satisfatórios (ARAÚJO *et al.*, 2010). No entanto, Souza (2020) optou por conduzir esses procedimentos e obteve resultados bem-sucedidos em suas análises. Assim, a decisão de concluir o processo de produção de cada amostra foi fundamentada pela prática clínica, que segue a recomendação do fabricante de realizar o acabamento e polimento.

A avaliação da microdureza Vickers foi conduzida conforme as metodologias estabelecidas por Dias (2020) e Borges (2020). Essas abordagens envolveram a realização de três indentações em cada espécime, empregando uma ponteira de formato piramidal com uma base quadrada e ângulos de 136° entre as faces opostas. O valor de microdureza resultante foi determinado pela média das medições obtidas em cada amostra. Os parâmetros de aplicação de força e tempo para cada indentação foram consistentes com as recomendações de Souza (2020), que utilizou 100gf de força por um período de 10 segundos em cada ponto de teste.

Os achados desta pesquisa oferecem resultados significativos sobre os impactos dos métodos de pós-polimerização na microdureza de resinas compostas. Embora a implementação desses métodos represente uma etapa adicional no processo, implicando um aumento no tempo clínico e no esforço do profissional, os resultados ratificam a eficácia dessas práticas, evidenciando seu potencial para aprimorar a longevidade das restaurações semi-diretas. Inicialmente, é importante notar que todos os grupos apresentaram homogeneidade e normalidade dos dados, o que indica a confiabilidade das medições e a adequação dos métodos estatísticos empregados. Além disso, a análise de variância de dois fatores revelou uma interação significativa entre as variáveis, destacando a importância dos métodos de pós-

polimerização na alteração das propriedades de microdureza das resinas compostas avaliadas, como foi constatado no trabalho de Dias, (2020). Uma das principais conclusões deste estudo é que a aplicação de métodos de pós-polimerização resultou em valores estatisticamente mais altos de microdureza em comparação com a fotopolimerização inicial. Isso sugere que a pós-polimerização desempenha um papel fundamental na melhoria das propriedades mecânicas das resinas compostas. Isso é consistente com achados anteriores de Arossi *et al.*, (2006) e Araújo *et al.*, (2010) e destaca a importância de considerar esses métodos na prática clínica.

Ao analisar os métodos adicionais de polimerização no grupo da resina Applic, observou-se que não houve diferença significativa entre esses métodos. Isso sugere que, no caso da resina Applic, a escolha entre métodos adicionais de polimerização pode não ser tão crítica, já que todos os métodos de pós-polimerização resultaram em valores de microdureza semelhantes. Essa informação pode ser útil na prática clínica, permitindo uma maior flexibilidade na escolha do método de pós-polimerização para essa resina específica. O grupo Applic apresentou os maiores valores de dureza, com diferença estatisticamente significativa em relação ao grupo Zirconfill para todos os métodos testados. Isso indica que, para a resina Applic, a escolha do método de pós-polimerização pode não ser tão crítica, uma vez que todos os métodos resultaram em valores de microdureza comparáveis, e a própria resina apresentou uma maior resistência à microdureza.

É evidente que a contração de polimerização da resina composta guarda uma estreita relação com sua composição, como mencionado por Reis *et al.* (2021). Notavelmente, devido às semelhanças nas dimensões das partículas e nas composições, a resina Applic demonstrou resultados superiores em comparação com a resina Zirconfill. Conforme salientado por Souza (2020) e Grazioli *et al.* (2019), as dimensões das moléculas de monômero podem restringir sua capacidade de estabelecer novas ligações com monômeros localizados a uma maior distância. Assim, a inclusão de TEGDMA na formulação da resina poderia ser um fator significativo na explicação do aumento do grau de conversão e, por conseguinte, dos valores mais elevados de microdureza observados na Applic.

Por outro lado, no grupo da resina Zirconfill, observou-se que a polimerização adicional por micro-ondas e a polimerização por autoclave apresentaram

estatisticamente maiores valores de microdureza em relação ao grupo controle, que não recebeu polimerização adicional. Isso indica que, no caso da resina Zirconfill, esses métodos de pós-polimerização podem ser particularmente benéficos para melhorar suas propriedades mecânicas.

A fotopolimerização complementar com alta potência, embora tenha resultado em valores intermediários de microdureza, não mostrou diferença significativa em relação aos demais subgrupos. Contudo, os resultados deste estudo indicam que a escolha do método de pós-polimerização pode afetar significativamente as propriedades de microdureza das resinas compostas, mas essa influência pode variar de acordo com a marca e composição da resina utilizada. Portanto, ao selecionar um método de pós-polimerização, é essencial considerar a resina específica em uso e suas propriedades intrínsecas. Estes resultados fornecem informações importantes para a prática clínica e podem orientar a seleção de métodos de pós-polimerização com base nas necessidades do paciente e nas características da resina composta. Finalmente, apesar de representar uma demanda adicional para o cirurgião-dentista, foi demonstrado que essa abordagem é eficaz para aumentar a microdureza de restaurações semi-diretas.

## 7 CONCLUSÃO

Conclui-se que os métodos de pós-polimerização interferiram positivamente nos resultados de microdureza das resinas compostas avaliadas. Na resina Zirconfill, houve influência significativa para os métodos de pós-polimerização em micro-ondas e autoclave. Já a resina Applic obteve os melhores resultados em todos os métodos. A seleção criteriosa do compósito e o uso de métodos de pós-polimerização se mostraram fatores essenciais em restaurações semi-diretas.

## REFERÊNCIAS

- ANUSAVICE, K. J. Resinas para Restauração. In: ANUSAVICE, K. J. Philips **Materiais Dentários**. 10. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, Cap. 12, p. 166-177, 1998.
- ADRIANO, L. Z.; ARAÚJO JÚNIOR, E. M. (2007). Acabamento e polimento de restaurações diretas em resina composta. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasi
- ARAÚJO, Alessandra Rodrigues; MEDEIROS, Menandro Lima; RODRIGUES, Caroline de Deus Tupinambá. Avaliação de três métodos de ativação complementar sobre a dureza superficial de resinas compostas diretas. **Revista Odontológica do Brasil Central: ROBRAC, Teresina**, v. 18, n. 47, p. 28-33, mar. 2010.
- ARAÚJO, R. M. et al. (1996). Influência da intensidade de luz de fotopolimerizadores na infiltração marginal. *Revista da APCD*. V. 50, n. 5.
- AROSI, Guilherme Anziliero *et al.* Polimerização complementar em autoclave, micro-ondas e estufa de um compósito restaurador direto. **Revista Odonto Ciência**, v. 22, n. 56, p. 177–180, abr/jun, 2007.
- BALBINOT, Gabriela de Souza; CELESTE, Roger Keller; LEITUNE, Vicente Castelo Branco; COLLARES, Fabrício Mezzomo. Implementation in restorative treatments in public health: a 10-year analysis of resin composite procurement in Brazil. **Cadernos de Saúde Pública**, [S.L.], v. 38, n. 3, p. 1-2, out. 2022. FapUNIFESP (SciELO).
- BARATIERI L. N. *et al.* Estética: restaurações adesivas diretas em dentes anteriores fraturados. São Paulo: Editora Santos; 1995.
- BARATIERI, L. N. *et al.*; **Odontologia Restauradora** - Fundamentos e Possibilidades. 5° reimpressão, São Paulo: Quintessence, 2006.
- CARVALHO, Cristal Fernandez; SANTOS, Tássia Monique Pereira; DURÃES, Iris; MIRANDA, Carolina Baptista; OLIVEIRA, Renan Couto; BORBA JÚNIOR, Reginaldo Santos. - Efeito da polimerização adicional com micro-ondas na rugosidade superficial de duas resinas compostas - RFO UPF;25(1): 81-87, 20200430.
- CLINICAL performance of direct versus indirect composite restorations in posterior teeth: A systematic review. **Journal of Conservative Dentistry**: JCD, 21 jan. 2018.
- COSTA, Paulo Victor de Moura; OLIVEIRA, Amanda Alves de; SILVA, Vitória Ariella Silveira e; TORRES, Érica Miranda de; SILVA, Maria Alves Garcia Santos; VERÍSSIMO, Crisnicaw. The effect of the die material used in the indirect technique on the fracture resistance of a restored molar. **Brazilian Oral Research**, [S.L.], v. 37, p. 1-2, jun. 2023. Fap UNIFESP (SciELO)

CRUZ, Rosenilde Souza. FACETA DIRETA EM RESINA COMPOSTA NANOPARTICULADA COMO TRATAMENTO ESTÉTICO DO SORRISO. 2016. 17 f. TCC (Graduação) - Curso de Odontologia, Faculdade São Lucas, Porto Velho, 2017.

DAUVILLIER, B.s.; FEILZER, A.J.; GEE, A.J. de; DAVIDSON, C.L. Visco-elastic Parameters of Dental Restorative Materials during Setting. **Journal Of Dental Research**, [S.L.], v. 79, n. 3, p. 818-823, mar. 2000. SAGE Publications.

DEJAK, Beata; MIOTKOWSKI, Andrzej. A comparison of stresses in molar teeth restored with inlays and direct restorations, including polymerization shrinkage of composite resin and tooth loading during mastication. **Dental Materials**, v. 31, n. 3, p. 77-87, mar. 2015. Elsevier BV.

DENIS, Aline Bassi. Fotoativação de Resina Composta por Diferentes Fontes de Luz e Avaliação da Profundidade de Polimerização por Diversos Métodos. 2007. 117 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Bioengenharia, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

DIAS, M.; ESPÍNDOLA-CASTRO, L.; LINS-FILHO, P.; TEIXEIRA, H.; SILVA, C.; GUIMARÃES, R.. Influence of different thermopolymerization methods on composite resin microhardness. **Journal Of Clinical And Experimental Dentistry**, [S.L.], p. 335-341, 2020. Medicina Oral, S.L

DIMER, Ariani Rodrigues; AROSSI, Guilherme Anziliero; SANTOS, Leonardo Haerter dos; KAPPAUN, Diego Rafael. Effect of different post-cure polymerization treatment on composite resin hardness. Rgo - **Revista Gaúcha de Odontologia**, v. 63, n. 4, p. 426-431, dez. 2015. FapUNIFESP (SciELO).

ESMAEILI, Behnaz et al. Hardness Evaluation of Composite Resins Cured with QTH and LED. **Journal Of Dental Research**, v. 8, n. 1, p. 40-44, 2014. Tabriz University of Medical Sciences.

Flach, R. (2016). Longevidade de restaurações diretas resina composta em dentes posteriores: revisão de literatura. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil

GONTARSKI, Thiago de Lima. Análise da definição de dureza Vickers pela teoria da propagação de incertezas. 2021. 122 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia e Ciências Mecânicas, Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, 2021.

GRAZIOLI, Guillermo; FRANCIA, Alejandro; CUEVAS-SUÁREZ, Carlos Enrique; ZANCHI, Cesar Henrique; MORAES, Rafael Ratto de. Simple and Low-Cost Thermal Treatments on Direct Resin Composites for Indirect Use. **Brazilian Dental Journal**, [S.L.], v. 30, n. 3, p. 279-284, jun. 2019. FapUNIFESP (SciELO).

LOGUERCIO, A.D.; REZENDE, M.; GUTIERREZ, M.F.; COSTA, T.F.; ARMAS-VEGA, A.; REIS, A. Randomized 36-month follow-up of posterior bulk-filled resin composite restorations. **Journal Of Dentistry**, v. 85, p. 93-102, jun. 2019.

MARCIANO, Fernanda Roberta. Análise Do Processo de Polimerização de Resinas Odontológicas Através de Técnicas Fotoacústicas. São José dos Campos: Inpe, 2005

MARQUES, S., & GUIMARÃES, M.M. Técnica semidireta como opção restauradora para dentes posteriores. **Rev Dental Press Estét.** 2015 abr-jun;12(2):40-9.

MAXIMOV, Jordan; DIKOVA, Tsanka; DUNCHEVA, Galya; GEORGIEV, Georgi. Influence of Factors in the Photopolymerization Process on Dental Composites Microhardness. *Materials*, [S.L.], v. 15, n. 18, p. 6459, 17 set. 2022.

MÜNCHOW, Eliseu Aldrighi; MEEREIS, Carine Tais Welter; ROSA, Wellington Luiz de Oliveira da; SILVA, Adriana Fernandes da; PIVA, Evandro. Polymerization shrinkage stress of resin-based dental materials: a systematic review and meta-analyses of technique protocol and photo-activation strategies. **Journal Of The Mechanical Behavior Of Biomedical Materials**, v. 82, p. 77-86, jun. 2018. Elsevier BV.

NANDINI, Suresh. Indirect resin composites. **Journal Of Conservative Dentistry**, [S.L.], v. 13, n. 4, p. 184, 2010. Medknow.

NUNES, Margareth Calvo Pessutti. Avaliação Da Microdureza e Desgaste por Escovação Simulada De Uma Resina Composta, Em Função De Diferentes Fontes De Luz E Energias De Ativação. 2006. 217 F. Tese (Doutorado) - Curso De Odontologia, Usp, Bauru, 2006.

Patil, A., Acharya, S.R. and Ginjupalli, K. 2021. Comparative Evaluation of Flexural Strength of Two Newer Composite Resin Materials: An in Vitro Study. **Pesquisa Brasileira em Odontopediatria e Clínica Integrada**. 21, (nov. 2021), e0175

REIS, Alessandra et al. Materiais Dentários Diretos: dos fundamentos à aplicação clínica. São Paulo: Santos, 2021.

RODRIGUES, L. D. .; COSTA, I. A. .; RABELO, Z. H. .; OLIVEIRA, L. L. de .; MONTEIRO, R. M. F. .; SÁ, H. C. .; ESTELLITA, M. C. A.; LIMA, K. E. R.; LEMOS, M. V. S.; FONTES, N. M. .; SILVA, R. A. D. A. da .; ISAIAS, P. H. C.; MENDES, T. A. D.; SALES, E. M. de A. . Composite resin innovations: a literature review. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 3, p. e10110313099, 2021.

SANTOS, Luciana Aily *et al.* Microdureza de resina composta: efeito de aparelhos e tempos de polimerização em diferentes profundidades. **Pesquisa Odontológica Brasileira**, [S.L.], v. 14, n. 1, p. 65-70, mar. 2000. FapUNIFESP (SciELO).

SCHNEIDER, Andréa Cristina; MENDONÇA, Márcio José; RODRIGUES, Roberta Bento; BUSATO, Priscilla do Monte Ribeiro; CAMILOTTI, Veridiana. Influência de três modos de fotopolimerização sobre a microdureza de três resinas compostas. *Polímeros*, [S.L.], v. 26, n, p. 37-42, 19 jan. 2016.

SEVERO, B. G. de M.; REIS, T. A. dos. Classification of composite resins and finishing and polishing methods. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 11, n. 7, p. e54711730257, 2022.

SOARES, L. E. S. (2002) Espectroscopia Raman no Infravermelho Próximo (IVP) e Microdureza Vickers no Estudo do Grau de Conversão de Resinas Compostas Polimerizadas com Laser de Argônio e Lâmpada Halógena. Dissertação de Mestrado apresentada no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica, Universidade do vale do Paraíba (Univap).

SOUZA, Bruna Borges de. Influência da pós-polimerização na microdureza de resinas compostas de uso semidireto. 2020. 55 f. TCC (Graduação) - Curso de Odontologia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2020.

SOUZA, Sergio Augusto de. Ensaio mecânicos de materiais metálicos: Fundamentos teóricos e práticos. 5. ed. São Paulo: E. Blucher, 1982.

TERRY, Douglas. DEVELOPING FORM, FUNCTION, AND NATURAL AESTHETICS WITH LABORATORY-PROCESSED COMPOSITE RESIN—PART I. **Pract Proced Aesthet Dent**, Houston, v. 17, n. 5, p. 1-7, jun. 2005



## ANEXOS

## Anexo 1 – Ata da Defesa



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE  
CURSO DE ODONTOLOGIA  
DISCIPLINA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE ODONTOLOGIA

**ATA DE APRESENTAÇÃO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

Aos 6 dias do mês de novembro de 2023, às 13h30min, em sessão pública na sala B-108, do Centro de Ciências da Saúde desta Universidade, na presença da Banca Examinadora presidida pela Professora Silvana Batalha Silva e pelos examinadores:

- 1 – Carolina Mayumi Cavalcanti Taguchi,
- 2 – Sylvio Monteiro Júnior,

a aluna Paola Luiz Casteler apresentou o Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação intitulado: AVALIAÇÃO DA MICRODUREZA DE RESINAS COMPOSTAS SUBMETIDAS À DIFERENTES MÉTODOS DE PÓS-POLIMERIZAÇÃO, como requisito curricular indispensável à aprovação na Disciplina de Defesa do TCC e a integralização do Curso de Graduação em Odontologia. A Banca Examinadora, após reunião em sessão reservada, deliberou e decidiu pela APROVAÇÃO do referido Trabalho de Conclusão do Curso, divulgando o resultado formalmente à aluna e aos demais presentes, e eu, na qualidade de presidente da Banca, lavrei a presente ata que será assinada por mim, pelos demais componentes da Banca Examinadora e pela aluna orientanda.

Presidente da Banca Examinadora

Examinador 1

Examinador 2

Aluna