

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA  
CAMPUS GOVERNADOR VALADARES  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DA VIDA  
DEPARTAMENTO DE ODONTOLOGIA**

**João Pedro Pires de Oliveira**

**Efeito de repetidos ciclos de pré-aquecimento na microdureza e grau de conversão de resinas bulk-fill**

Governador Valadares

2025

**João Pedro Pires de Oliveira**

**Efeito de repetidos ciclos de pré-aquecimento na microdureza e grau de conversão de resinas bulk-fill**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Departamento de Odontologia, do Instituto de Ciências da Vida, da Universidade Federal de Juiz de Fora, Campus Governador Valadares, como requisito parcial à obtenção do grau de bacharel em Odontologia.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Varella de Carvalho

Governador Valadares

2025

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Oliveira, João Pedro Pires de .

Efeito de repetidos ciclos de pré-aquecimento na microdureza e grau de conversão de resinas bulk-fill / João Pedro Pires de Oliveira. -- 2025.  
22 p.

Orientador: Rodrigo Varella de Carvalho  
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Campus Avançado de Governador Valadares, Faculdade de Odontologia, 2025.

1. Resinas compostas. 2. Polimerização. 3. Dureza. 4. Espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier. 5. Testes mecânicos. I. Carvalho, Rodrigo Varella de , orient. II. Título.



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA**

**João Pedro Pires de Oliveira**

**Efeito de repetidos ciclos de pré-aquecimento na microdureza e grau de conversão de resinas bulk fill**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Departamento de Odontologia, do Instituto de Ciências da Vida, da Universidade Federal de Juiz de Fora, Campus Governador Valadares, como requisito parcial à obtenção do grau de bacharel em Odontologia.

Aprovada em 13 de março de 2025.

**BANCA EXAMINADORA**

\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Rodrigo Varella de Carvalho – Orientador(a)  
Universidade Federal de Juiz de Fora, Campus Governador Valadares

\_\_\_\_\_  
Profa. Dra. Carla de Souza Oliveira  
Universidade Federal de Juiz de Fora, Campus Governador Valadares

\_\_\_\_\_  
Prof. Leonardo Custódio de Lima  
Universidade Federal de Juiz de Fora, Campus Governador Valadares



Documento assinado eletronicamente por **Carla de Souza Oliveira, Professor(a)**, em 13/03/2025, às 12:14, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Rodrigo Varella de Carvalho, Professor(a)**, em 14/03/2025, às 09:49, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Leonardo Custódio de Lima, Professor(a)**, em 14/03/2025, às 20:21, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no Portal do SEI-Ufjf ([www2.ufjf.br/SEI](http://www2.ufjf.br/SEI)) através do ícone Conferência de Documentos, informando o código verificador **2260020** e o código CRC **7CC881C2**.

## **AGRADECIMENTOS**

A jornada para a realização deste trabalho foi repleta de desafios, aprendizados e crescimento. Nada disso teria sido possível sem o apoio das pessoas que estiveram ao meu lado ao longo desse trajeto.

Aos meus familiares, meu mais profundo agradecimento. Vocês foram meu alicerce, oferecendo apoio, compreensão e incentivo nos momentos mais difíceis. Foi fundamental para que eu seguisse em frente, mesmo diante das adversidades.

Aos meus amigos mais próximos, que compartilharam comigo essa caminhada, seja com palavras de encorajamento, ajuda nos estudos ou simplesmente estando presentes nos momentos em que eu mais precisava. A companhia de vocês tornou essa trajetória mais leve e significativa.

Ao meu excelentíssimo orientador, Professor Doutor Rodrigo Varella de Carvalho, expresso minha imensa gratidão. Sua orientação, paciência e vasto conhecimento foram essenciais para a construção deste trabalho. Seu comprometimento e dedicação não apenas contribuíram para o desenvolvimento deste projeto, mas também para o meu crescimento acadêmico e profissional.

## RESUMO

O pré-aquecimento de resinas compostas é amplamente empregado para melhorar suas propriedades físicas e químicas, como a redução da viscosidade e o aumento do grau de conversão de monômeros em polímeros. No entanto, a aplicação repetida de ciclos de pré-aquecimento pode levar à degradação térmica dos componentes da resina, especialmente em materiais do tipo *bulk-fill*. Este estudo avaliou o efeito de 10 ciclos de pré-aquecimento a 68°C no grau de conversão e na microdureza superficial de resinas *bulk-fill* (regular e fluida). O grau de conversão (%) foi analisado por espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR), utilizando um espectrômetro PerkinElmer Spectrum Two™ com dispositivo ATR e cristal de ZnSe. As amostras foram fotoativadas por 20 segundos com LED (1.100 mW/cm<sup>2</sup>) e analisadas no intervalo de 1750–1550 cm<sup>-1</sup>, com cálculo baseado na intensidade da dupla ligação C=C (1636 cm<sup>-1</sup>) e no estiramento do anel aromático (1600 cm<sup>-1</sup> para a resina regular e 1608 cm<sup>-1</sup> para a fluida) como padrão interno. A microdureza Vickers (HV) foi avaliada em corpos de prova cilíndricos (5 mm de diâmetro e 2 mm de espessura), fotoativados e polidos, com três indentações por amostra (50 g por 45 segundos), utilizando a equação  $VH = P/2d^2$ . Os resultados demonstraram que não houve diferenças significativas no grau de conversão (%) ou na microdureza (HV) após os ciclos de pré-aquecimento, indicando que as resinas testadas possuem formulações estáveis e resistentes a múltiplas exposições térmicas. A técnica de pré-aquecimento mostrou-se sem riscos aparentes de degradação das resinas avaliadas. Contudo, a estabilidade térmica pode variar entre diferentes formulações, ressaltando a necessidade de estudos adicionais que avaliem o impacto de ciclos de pré-aquecimento em uma gama mais ampla de materiais e em condições clínicas de longo prazo.

**Palavras-chave:** Resinas Compostas; Polimerização; Dureza; Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier; Testes Mecânicos; Pré-aquecimento de resinas compostas

## ABSTRACT

The preheating of composite resins is widely employed to improve their physical and chemical properties, such as reducing viscosity and increasing the degree of monomer-to-polymer conversion. However, repeated application of preheating cycles may lead to thermal degradation of the resin components, especially in bulk-fill materials. This study evaluated the effect of 10 preheating cycles at 68°C on the degree of conversion and surface microhardness of bulk-fill resins (regular and flowable). The degree of conversion (%) was analyzed by Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR), using a PerkinElmer Spectrum Two™ spectrometer with an ATR device and a ZnSe crystal. Samples were photoactivated for 20 seconds using an LED light source (1,100 mW/cm<sup>2</sup>) and analyzed in the range of 1750–1550 cm<sup>-1</sup>. Calculations were based on the intensity of the C=C double bond (1636 cm<sup>-1</sup>) and the aromatic ring stretch (1600 cm<sup>-1</sup> for the regular resin and 1608 cm<sup>-1</sup> for the flowable resin) as the internal standard. Vickers microhardness (HV) was evaluated using cylindrical specimens (5 mm in diameter and 2 mm in thickness), which were photoactivated and polished. Three indentations per sample were performed (50 g for 45 seconds), and values were calculated using the equation  $VH = P/2d^2$ . The results showed no significant differences in the degree of conversion (%) or microhardness (HV) after the preheating cycles, indicating that the tested resins have stable formulations and are resistant to multiple thermal exposures. The preheating technique appears to pose no apparent risk of degradation for the evaluated resins. However, thermal stability may vary among different formulations, highlighting the need for further studies evaluating the impact of preheating cycles on a broader range of materials and under long-term clinical conditions.

**Keywords:** Composite Resins; Polymerization; Hardness; Fourier-Transform Infrared Spectroscopy; Mechanical Testing; Preheating of composite resins.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Descrição dos grupos avaliados .....	15
Tabela 2	– Grau de conversão das resinas compostas testadas com e sem pré- aquecimento .....	18
Tabela 3	– Microdureza das resinas compostas testadas com e sem pré- aquecimento .....	18

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>15</b>
2.1	Delineamento e amostra do estudo.....	15
2.2	Avaliação do grau de conversão (C=C) .....	15
2.3	Microdureza Vicker .....	16
2.4	Análise estatística .....	17
<b>3</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>18</b>
<b>4</b>	<b>DISCUSSÃO .....</b>	<b>19</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>22</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>23</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O aumento da demanda por restaurações estéticas impulsionou o desenvolvimento de novos materiais e técnicas restauradoras em Odontologia. Desde o surgimento dos primeiros compósitos, até os dias atuais, esses materiais têm apresentado uma série de avanços em suas formulações, que proporcionam previsibilidade para o seu comportamento clínico, resultando em boas taxas de sucesso em avaliações clínicas de longo prazo (Demarco et al., 2015; Da Rosa et al., 2022). A redução do tamanho das partículas da fase inorgânica, assim como as modificações em seu formato, possibilitou o desenvolvimento de resinas compostas com maior adição de carga em peso e volume (Paolone., 2022; Ferracane., 2011). Na fase orgânica, mudanças na composição dos monômeros metacrilatos e nos sistemas de fotoiniciação, diminuíram a contração de polimerização das resinas, assim como aumentaram o grau de conversão de monômeros em polímeros (Ferracane., 2010; Santos et al., 2024). Dentre as inovações na composição e novas técnicas que têm sido feitas a fim de aumentar a durabilidade e o comportamento clínico dos materiais restauradores, pode-se citar o desenvolvimento das resinas bulk-fill, o desenvolvimento de fotoiniciadores alternativos à canforoquinona (Santos et al., 2024), além de novos fotopolimerizadores LED (diodo emissor de luz) com um perfil de emissão espectral maior (chamados de *polywave*) (Santos et al., 2024; Alshaafi et al., 2016).

O pré-aquecimento das resinas compostas é uma estratégia empregada para reduzir a viscosidade do material, promovendo uma melhor adaptação às paredes cavitárias, além de aumentar o grau de conversão de monômeros em polímeros (Theobaldo et al., 2017). O pré-aquecimento de materiais à base de resina pode ser realizado por meio de dispositivos comerciais especializados, bem como por métodos como banho-maria, uso de estufas e aquecedores digitais de cera (Davari et al., 2014; Vale et al., 2014; Goulart et al., 2018). Essa técnica favorece a formação de uma rede polimérica mais eficiente, podendo reduzir a contração de polimerização (Tauböck et al., 2015). Ao diminuir a viscosidade, o pré-aquecimento facilita a mobilidade dos monômeros, reduzindo a tensão de contração gerada durante a polimerização (Tauböck et al., 2015). Esse efeito reológico significativo assegura uma maior fluidez dos monômeros na matriz da resina, elevando as taxas de reação de polimerização e resultando em um processo de cura mais homogêneo e eficaz. Consequentemente,

observa-se uma melhoria nas propriedades mecânicas e físicas do material, como maior resistência e estabilidade dimensional (Lopes et al., 2020).

Apesar do grande número de estudos que demonstram os efeitos positivos do aquecimento e pré-aquecimento nas propriedades físicas e químicas das resinas compostas (Nery, 2019; Raposo, 2021; Santos et al., 2021; Caldeef et al., 2023; Mello; Castro; Reges, 2013) a hipótese testada em nosso estudo é que a aplicação repetida de ciclos de pré-aquecimento pode levar à degradação térmica dos componentes da resina, especialmente dos fotoiniciadores e monômeros metacrilatos, resultando em uma possível redução do grau de conversão e da dureza após múltiplos ciclos. Essa preocupação é particularmente relevante, uma vez que a maioria das resinas compostas ainda é comercializada em bisnagas, o que significa que uma quantidade significativa de material é aquecida sem necessidade e permanece na bisnaga para uso em procedimentos futuros. Essa situação é agravada pela baixa popularidade das resinas compostas em cápsulas, que, embora mais práticas, são geralmente mais caras e, portanto, menos utilizadas na prática clínica. As resinas em cápsulas são geralmente mais caras do que as resinas em bisnagas, mesmo apresentando quantidades semelhantes, devido a uma série de fatores que envolvem praticidade, controle de infecção e desperdício zero por aplicação. Cada cápsula é projetada para uso único e como não podem ser reaproveitadas, seu uso contínuo em procedimentos clínicos gera um custo acumulativo maior, refletindo diretamente no preço final do produto.

O impacto de repetidos ciclos de pré-aquecimento nas propriedades físicas e químicas das resinas compostas ainda carece de investigações mais detalhadas. Nesse sentido, o objetivo desse estudo foi avaliar o efeito de 10 ciclos de pré-aquecimento a 68°C na dureza superficial e grau de conversão de resinas compostas *bulk-fill*.

## 2 METODOLOGIA

### 2.1 DELINEAMENTO E AMOSTRA DO ESTUDO

Foi conduzido um estudo *in vitro* de natureza quantitativa experimental. Os fatores avaliados foram as resinas compostas do tipo *bulk-fill* em dois níveis (com consistência regular e fluida), e em dois níveis de aquecimento, antes e após serem submetidas a dez ciclos de pré-aquecimento de quinze minutos cada, à 68 °C (Elkaffass et al., 2020). Foi utilizado um aparelho para pré-aquecimento (Heater, Dental Magic Box, China). As variáveis de desfecho examinadas incluíram o grau de conversão (%) de monômeros em polímeros e a microdureza Vickers (HV). Na Tabela 1 estão descritos os grupos avaliados neste estudo.

O orçamento deste estudo foi integralmente financiado pelo próprio autor, aluno de graduação, o que impôs algumas limitações metodológicas, especialmente no que diz respeito à amplitude da amostragem. Devido a restrições financeiras, optou-se por analisar exclusivamente resinas do tipo \*bulk fill\*, uma vez que a aquisição de diferentes tipos de materiais restauradores implicaria em custos mais elevados. Dessa forma, não foi realizada uma comparação direta com resinas compostas convencionais, o que representa uma limitação do estudo, mas que se justifica pelas condições orçamentárias disponíveis no momento da pesquisa.

**Tabela 1.** Descrição dos grupos avaliados.

Grupo	Resina	Pré-aquecimento	Lote
RRSA	Filtek One Bulk Fill A2 (regular)	Sem pré-aquecimento	10258809
RRPA		Com pré-aquecimento	
RFSA	Filtek One Bulk Fill A2 (fluida)	Sem pré-aquecimento	10758682
RFPA		Com pré-aquecimento	

RRSA – Resina regular sem pré-aquecimento; RRPA – Resina regular com pré-aquecimento; RFSA – Resina fluida sem pré-aquecimento; RFPA – Resina fluida com pré-aquecimento.

### 2.2 AVALIAÇÃO DO GRAU DE CONVERSÃO (C=C)

O grau de conversão (%) das resinas compostas foi avaliado utilizando a espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier (FTIR) com um espectrômetro Spectrum Two™ da PerkinElmer, equipado com um dispositivo de

reflectância total atenuada (ATR), composto por um cristal horizontal de seleneto de zinco (ZnSe), com espelhos de angulação de 45° (PIKE Technologies, WI, USA). Um suporte foi acoplado para a fixação da unidade foto-ativadora ao espectrofotômetro, permitindo a padronização de uma distância de 2 mm entre a extremidade da ponteira do LED e a amostra. Cada amostra foi depositada diretamente no cristal de ZnSe em um pequeno incremento e fotoativada por 20 segundos, utilizando um diodo emissor de luz (LED RADII; SDI, Bayswater, Austrália, 1.100 mW/cm<sup>2</sup> e comprimento de onda entre 440 e 480 nm). O software Spectrum Touch™ (PerkinElmer, Waltham, MA, EUA) foi utilizado no modo de varredura de monitoramento, empregando a apodização Happ-Genzel, com um intervalo de 1750–1550 cm<sup>-1</sup>, resolução de 4 cm<sup>-1</sup> e velocidade do espelho de 2,8 mm/s, em temperatura ambiente controlada de 23 °C (± 2 °C) e umidade relativa de 60% (± 5%). O grau de conversão (%) para a resina *bulk-fill* regular, foi calculado considerando a intensidade da vibração do tipo estiramento da dupla ligação carbono-carbono na frequência de 1636 cm<sup>-1</sup>. O estiramento simétrico do anel aromático em 1600 cm<sup>-1</sup> das amostras polimerizadas e não polimerizadas foi utilizado como padrão interno. Já para a resina *bulk-fill* fluida o grau de conversão(%) foi calculado considerando a intensidade da vibração do tipo estiramento da dupla ligação carbono-carbono na frequência de 1636 cm<sup>-1</sup>. O estiramento simétrico do anel aromático em 1608 cm<sup>-1</sup> das amostras polimerizadas e não polimerizadas foi utilizado como padrão interno.

### 2.3 MICRODUREZA VICKERS

Para o ensaio de microdureza Vickers (HV) foram confeccionados cinco (05) corpos de prova por grupo experimental, com formato cilíndrico de 5 mm de diâmetro e 1 mm de espessura. Os corpos de prova foram fotoativados por 20 segundos, no topo e na base, utilizando um diodo emissor de luz (LED RADII; SDI, Bayswater, Austrália, 1.100 mW/cm<sup>2</sup> e comprimento de onda entre 440 e 480 nm). O polimento da superfície foi realizado com lixas d'água com granulação de 400, 600, 1200 e 2000 em sequência, e em seguida foi realizado polimento com disco de feltro e pasta diamantada. Para a avaliação da microdureza superficial foram realizadas 3 indentações em cada amostra (n=10), na área central (devido ao fato de que, nas

bordas, a fotoativação pode não ter sido completamente eficiente), aplicando-se uma carga de 50 gramas durante 45 segundos. Os valores de microdureza (HV) foram calculados de acordo com a equação  $VH = P/2d^2$ , onde P é a carga em Newtons e d é a média dos valores das diagonais em um microdurômetro (Shimadzu modelo HMV-G 20DT, Shimadzu Corporation, Tóquio, Japão).

## 2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise estatística foi realizada utilizando o software JASP (Version 0.18.3, Computer software, University of Amsterdam, Netherlands). Inicialmente, a normalidade dos dados foi avaliada pelo teste de Shapiro-Wilk. Como a suposição de normalidade foi atendida, os dados foram comparados entre os dois grupos (antes e depois do aquecimento) por meio do teste t de Student para amostras independentes no teste de microdureza e teste t de Student para amostras dependentes no teste de grau de conversão, com nível de significância estabelecido em 5% ( $\alpha = 0,05$ ). Os resultados foram expressos como média (%) e desvio padrão para grau de conversão e média (HV) e desvio padrão para microdureza.

### 3 RESULTADOS

Conforme apresentado na Tabela 2, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas no grau de conversão das resinas *bulk-fill* após a realização dos ciclos de pré-aquecimento, tanto para a resina de consistência regular ( $p = 0,094$ ), quanto para a resina de consistência fluida ( $p = 0,928$ ).

**Tabela 2.** Grau de conversão das resinas compostas testadas com e sem pré-aquecimento.

Resina	Pré-aquecimento	Média (%)	DP ( $\pm$ )	Valor P
Filtek One Bulk Fill A2 (regular)	Sem pré-aquecimento	85,0	2,6	0,094
	Com pré-aquecimento	79,7	1,5	
Filtek One Bulk Fill A2 (fluida)	Sem pré-aquecimento	60,0	6,0	0,928
	Com pré-aquecimento	59,7	1,5	

DP = Desvio padrão

Os dados apresentados na Tabela 3 indicam que não houve diferenças estatisticamente significativas na microdureza das resinas *bulk-fill* analisadas antes e após os ciclos de pré-aquecimento, tanto para a resina de consistência regular ( $p = 0,536$ ), quanto para a resina de consistência fluida ( $p = 0,462$ ).

**Tabela 3.** Microdureza das resinas compostas testadas com e sem pré-aquecimento.

Resina	Pré-aquecimento	Média (HV)	DP ( $\pm$ )	Valor P
Filtek One Bulk Fill A2 (regular)	Sem pré-aquecimento	67,1	8,9	0,536
	Com pré-aquecimento	63,5	4,6	
Filtek One Bulk Fill A2 (fluida)	Sem pré-aquecimento	51,0	3,6	0,462
	Com pré-aquecimento	53,1	5,6	

HV = Dureza Vickers; DP = Desvio padrão

## 4 DISCUSSÃO

O pré-aquecimento de resinas compostas tem sido amplamente estudado como uma técnica para melhorar as propriedades físicas e mecânicas desses materiais, especialmente no que diz respeito à redução da viscosidade, aumento do grau de conversão e melhoria da adaptação marginal das restaurações (Lopes et al., 2020). No entanto, a aplicação repetida de ciclos de pré-aquecimento, como os 10 ciclos testados neste estudo, pode gerar preocupações quanto à possível degradação das propriedades do material, especialmente em resinas do tipo *bulk-fill*, que são formuladas para serem aplicadas em camadas mais espessas e, portanto, podem ser mais sensíveis a variações térmicas (Lima et al., 2018). Nossos resultados demonstraram que, independente do tipo de resina *bulk-fill* utilizada (regular ou fluida), o grau de conversão de monômeros em polímeros e a microdureza superficial, não foram significativamente afetadas após 10 ciclos de pré-aquecimento (Tabelas 1 e 2). Nossos achados corroboram com o estudo de Elkaffass et al. 2020, que demonstra que o pré-aquecimento de resinas compostas também não afetou significativamente a microdureza, a tenacidade e a rugosidade da superfície. Da mesma forma, o estudo de Raposo et al., 2023, descreve que a metodologia de aquecimento das resinas adotada por ele, não resultou em nenhum impacto notável no grau de conversão, resistência à flexão, tenacidade à fratura, solubilidade ou resistência de união ao esmalte.'

O grau de conversão é um parâmetro crítico que influencia diretamente as propriedades mecânicas e a durabilidade das resinas compostas. Estudos anteriores demonstraram que o pré-aquecimento pode aumentar o grau de conversão, pois a elevação da temperatura promove maior mobilidade molecular, facilitando a colisão entre as espécies reativas e, conseqüentemente, aumentando a taxa de polimerização (Lopes et al., 2020; Daroneh et al., 2006). Por outro lado, alguns estudos sugerem que o pré-aquecimento repetido pode levar à degradação de resinas compostas, especialmente em materiais com menor carga inorgânica ou fotoiniciadores menos estáveis (Tambirojn et al., 2011). A aplicação repetida de ciclos de pré-aquecimento pode levar à degradação térmica dos componentes da resina, especialmente dos fotoiniciadores e monômeros, o que poderia resultar em uma redução do grau de conversão após múltiplos ciclos. O grau de conversão das resinas compostas pode ser influenciado por diversos fatores além do pré-aquecimento. Os diferentes

monômeros metacrilatos (como Bis-GMA, UDMA, TEGDMA) possuem viscosidade e reatividade distintas, afetando a taxa de polimerização (Sideridou, Achilias., 2005; Moszner, Klapdohr., 2004). Além disso, a quantidade e o tipo de carga influenciam a transmissão de luz e a eficácia da polimerização (Lima et al., 2007). Materiais com alta quantidade de carga podem dificultar a penetração da luz, reduzindo o grau de conversão em camadas mais profundas. Adicionalmente, o tipo de unidade de fotoativação, intensidade da luz e tempo de exposição impactam diretamente a conversão de monômeros em polímeros (Braga et al., 2005; Ilie et al., 2009; Cruz et al., 2021; Silva et al., 2008). Por isso, a ausência de degradação observada em nosso estudo pode estar relacionada à formulação específica das resinas *bulk-fill* testadas, que podem conter aditivos que aumentam sua resistência térmica.

A dureza superficial é um indicador importante da resistência mecânica e da capacidade de resistência ao desgaste das resinas compostas (referência). O pré-aquecimento tem sido associado a um aumento na dureza superficial devido ao maior grau de conversão e à redução da porosidade no material (Lopes et al., 2020). No entanto, a exposição repetida a ciclos térmicos pode levar à formação de microtrincas ou à degradação da matriz orgânica, o que poderia reduzir a dureza superficial. Em nosso estudo, a dureza Vickers não apresentou redução significativa após 10 ciclos de pré-aquecimento, indicando que a resina *bulk-fill* testada manteve sua integridade mecânica mesmo após múltiplas exposições térmicas. Esse resultado pode ser atribuído à alta carga inorgânica presente nas resinas *bulk-fill*, que confere maior estabilidade térmica e resistência à degradação. Estudos como o de Dionysopoulos et al. (2015) demonstraram que o pré-aquecimento pode melhorar a microdureza das resinas, embora tenham avaliado apenas ciclos únicos de aquecimento. Nossos resultados expandem esses achados, mostrando que mesmo após múltiplos ciclos de pré-aquecimento, as propriedades das resinas *bulk-fill* avaliadas podem ser mantidas. É importante ressaltar que a estabilidade térmica pode variar entre diferentes marcas e formulações das resinas compostas, destacando a necessidade de estudos adicionais que avaliem o impacto de ciclos de pré-aquecimento em uma gama mais ampla de materiais. Em nosso estudo avaliamos apenas duas resinas compostas *bulk-fill*, uma com consistência regular e a outra fluida. No entanto, a ausência de efeitos negativos observada reforça a viabilidade do pré-aquecimento como uma técnica segura e eficaz que pode melhorar a manipulação e o desempenho clínico desses materiais, especialmente em procedimentos que exigem maior fluidez e

adaptação do material. Futuras pesquisas devem explorar os efeitos de ciclos adicionais de pré-aquecimento e avaliar o comportamento desses materiais em condições clínicas de longo prazo.

## 5 CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, conclui-se que a aplicação de 10 ciclos de pré-aquecimento a 68°C não comprometeu significativamente o grau de conversão de monômeros em polímeros nem a microdureza Vickers das resinas compostas *bulk-fill* testadas, tanto na consistência regular quanto na fluida. Esses achados sugerem que as resinas *bulk-fill* avaliadas possuem formulações estáveis e resistentes a múltiplas exposições térmicas, mantendo suas propriedades físico-químicas essenciais para o desempenho clínico.

## REFERÊNCIAS

ALSHAAFI, M. M.; HARLOW, J. E.; PRICE, H. L.; RUEGGERBERG, F. A.; LABRIE, D.; ALQAHTANI, M. Q.; PRICE, R. B. Emission characteristics and effect of battery drain in "budget" curing lights. *Operative Dentistry*, v. 41, n. 4, p. 397-408, jul./ago. 2016. DOI: 10.2341/14-281-L.

ALSHAAFI, M. M.; HAENEL, T.; SULLIVAN, B.; LABRIE, D.; ALQAHTANI, M. Q.; PRICE, R. B. Effect of a broad-spectrum LED curing light on the Knoop microhardness of four posterior resin-based composites at 2, 4 and 6-mm depths. *Journal of Dentistry*, v. 45, p. 14-18, fev. 2016. DOI: 10.1016/j.jdent.2015.11.004.

BRAGA, R. R.; BALLESTER, R. Y.; FERRACANE, J. L. Fatores envolvidos no desenvolvimento da tensão de retração de polimerização em resina-compósitos: uma revisão sistemática. *Materiais Odontológicos*, v. 21, n. 10, p. 962-970, 2005. DOI: [10.1016/j.dental.2005.04.018](https://doi.org/10.1016/j.dental.2005.04.018).

CALDEEF, P. M.; FERNANDES, L. D.; JESUS, M. I. P.; JESUS, K. S.; SOUZA, I. C. Repercussão do pré-aquecimento de resinas bulk-fill e convencional nas propriedades mecânicas e aplicabilidade clínica: revisão sistemática. *Recima21 – Revista Científica Multidisciplinar*, v. 4, n. 11, p. 1-15, 2023. Disponível em: <https://recima21.com.br/index.php/recima21/article/view/4422>. Acesso em: 6 mar. 2025.

DA ROSA RODOLPHO, P. A.; RODOLFO, B.; COLLARES, K.; CORREA, M. B.; DEMARCO, F. F.; OPDAM, N. J. M.; CENCI, M. S.; MORAES, R. R. Clinical performance of posterior resin composite restorations after up to 33 years. *Dental Materials*, v. 38, n. 4, p. 680-688, abr. 2022. DOI: 10.1016/j.dental.2022.02.009.

DEMARCO, F. F.; COLLARES, K.; COELHO-DE-SOUZA, F. H.; CORREA, M. B.; CENCI, M. S.; MORAES, R. R.; OPDAM, N. J. Anterior composite restorations: A systematic review on long-term survival and reasons for failure. *Dental Materials*, v. 31, n. 10, p. 1214-1224, out. 2015. DOI: 10.1016/j.dental.2015.07.005.

FERRACANE, J. L. Resin composite--state of the art. *Dental Materials*, v. 27, n. 1, p. 29-38, jan. 2011. DOI: 10.1016/j.dental.2010.10.020.

LIMA, J. P. M.; BANDÉCA, M. C.; QUEIROZ, R. S.; PANARIELLO, B. H. D.; NETO, S. T. P. Influência das partículas de carga inorgânica nas propriedades físicas, químicas e mecânicas de resinas compostas – revisão sistemática. *RPG – Revista Pós-Graduação*, v. 14, n. 2, p. 224-234, 2007.

Lima RBW, Troconis CCM, Moreno MBP, Murillo-Gómez 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. doi: 10.1111/jerd.12394. Epub 2018 Oct 29. PMID: 30375146.

MELLO, M. M.; CASTRO, F. L. A.; REGES, R. V. Influência do pré-aquecimento e do croma da resina composta em suas propriedades de sorção e solubilidade. *Revista*

*Brasileira de Pesquisa em Saúde*, Espírito Santo, v. 15, n. 1, p. 89-96, 2013. Disponível em: <https://periodicos.ufes.br/rbps/article/view/5584>. Acesso em: 6 mar. 2025.

MOSZNER, N.; KLAPDOHR, S. Nanotechnology for dental composites. *International Journal of Nanotechnology*, v. 1, n. 1-2, p. 130-156, 2004. DOI: 10.1504/IJNT.2004.004746.

NERY, L. M. S. *Efeito do pré-aquecimento nas propriedades mecânicas e físicas de diferentes resinas compostas*. 2019. 87 f. Dissertação (Mestrado em Odontologia) – Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2019. Disponível em: <https://tedebc.ufma.br/jspui/handle/tede/5243>. Acesso em: 6 mar. 2025.

RAPOSO, C. C. *Estudo de propriedades físico-químicas e mecânicas de resinas compostas pré-aquecidas*. 2021. 112 f. Tese (Doutorado em Odontologia) – Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2021. Disponível em: <https://tedebc.ufma.br/jspui/handle/tede/4453>. Acesso em: 6 mar. 2025.

SANTOS, E. S.; ALMEIDA, E. N.; LIBERATO, W. F.; CAVALCANTE, J. R. A.; SCHNEIDER, L. F. J.; CAVALCANTE, L. M. A. Influência do pré-aquecimento de resinas compostas sobre as propriedades físicas e aplicabilidade clínica. *Revista da Faculdade Paulo Picanço*, Fortaleza, v. 1, n. 1, p. 1-10, 2021. Disponível em: <https://revistadeodontologia.facpp.edu.br/index.php/rfpp/article/view/4>. Acesso em: 6 mar. 2025.

SANTOS, M.; FIDALGO-PEREIRA, R.; TORRES, O.; CARVALHO, O.; HENRIQUES, B.; ÖZCAN, M.; SOUZA, J. C. M. The impact of inorganic fillers, organic content, and polymerization mode on the degree of conversion of monomers in resin-matrix cements for restorative dentistry: a scoping review. *Clinical Oral Investigations*, v. 28, n. 8, p. 454, 2024. DOI: 10.1007/s00784-024-05829-6.

SIDERIDOU, I.; ACHILIAS, D. S. Elution study of unreacted Bis-GMA, TEGDMA, UDMA, and bis-EMA from light-cured dental resins and resin composites using HPLC. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials*, v. 74, n. 1, p. 617-626, 2005. DOI: 10.1002/jbm.b.30249.

SILVA, E. M.; ALMEIDA, G. S.; POSKUS, L. T.; GUIMARÃES, J. G.; BORGES, A. L. S. Relação entre o grau de conversão, solubilidade e sorção salivar de um compósito de resina híbrida e nanopreenchida. *Jornal de Ciências Orais Aplicadas*, v. 16, n. 2, p. 161-166, 2008. DOI: [10.1590/S1678-77572008000200012](https://doi.org/10.1590/S1678-77572008000200012).

TAUBÖCK, T. T.; TARLE, Z.; MAROVIC, D.; ATTIN, T. Pre-heating of high-viscosity bulk-fill resin composites: effects on shrinkage force and monomer conversion. *Journal of Dentistry*, v. 43, n. 11, p. 1358-1364, 2015.

THEOBALDO, J. D.; AGUIAR, F. H. B.; PINI, N. I. P.; LIMA, D. A. N. L.; LIPORONI, P. C. S.; CATELAN, A. Effect of preheating and light-curing unit on physicochemical properties of a bulk fill composite. *Clinical, Cosmetic and Investigational Dentistry*, v. 9, p. 39-43, 2017.

VALE, M. R.; AFONSO, F. A.; BORGES, B. C.; FREITAS, A. C. Jr.; FARIAS-NETO, A.; ALMEIDA, E. O.; SOUZA-JUNIOR, E. J.; GERALDELI, S. Preheating impact on the degree of conversion and water sorption/solubility of selected single-bottle adhesive systems. *Operative Dentistry*, v. 39, n. 6, p. 637-643, 2014. DOI: [10.2341/13-201-L](https://doi.org/10.2341/13-201-L).