

**UNIVERSIDADE SANTO AMARO**

**Programa de Pós-Graduação em Odontologia  
Doutorado em Odontologia**

**AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE COMPÓSITOS  
COMERCIAIS CONVENCIONAIS E DO TIPO BULK-FILL**

**PAULO LUIS COSIMATO**

**São Paulo  
2022**

**Paulo Luís Cosimato**

**AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE COMPÓSITOS  
COMERCIAIS CONVENCIONAIS E DO TIPO BULK-FILL**

**Tese apresentada ao Programa de Pós-  
Graduação Stricto Sensu da Universidade  
Santo Amaro – UNISA, como requisito parcial para  
obtenção do título de Doutor em Odontologia.  
Orientadora: Profa. Dra. Angélica Castro Pimentel.**

**São Paulo  
2022**

C868a Cosimato, Paulo Luis.

Avaliação das propriedades físico-químicas de compósitos comerciais convencionais e do tipo bulk fill / Paulo Luis Cosimato. — São Paulo, 2022.

60 p.: il., color.

Tese (Doutorado em Odontologia) — Universidade Santo Amaro, 2022.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Me. Dr.<sup>a</sup> Angélica Castro Pimentel.

1. Resina Composta. 2. Solubilidade. 3. Teste Mecânico. I. Pimentel, Angélica Castro, orient. II. Universidade Santo Amaro. III. Título.

**AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE COMPÓSITOS  
COMERCIAIS CONVENCIONAIS E DO TIPO BULK-FILL**

**Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu da  
Universidade Santo Amaro – UNISA, como requisito parcial para obtenção do  
título de Doutor em Odontologia. Orientadora: Profa. Dra. Angélica Castro  
Pimentel.**

**São Paulo, 01 de agosto de 2022.**

**Banca Examinadora**

---

**Profa. Dra. Angélica Castro Pimentel**

---

**Profa. Dra. Letícia Cristina Cidreira Boaro**

---

**Prof. Dr. Wilson Roberto Sendyk**

---

**Prof. Dr. José Fabio Guastelli Gastaldo**

---

**Prof. Dr. Sergio Tricta Quaresma**

## **DEDICATÓRIA**

A minha esposa Andrea pelo amor, compreensão, companheirismo de toda vida, me dando todo apoio para crescermos juntos todos os dias.

Aos meus pais Antônio (in memoriam) e Edna pela dedicação de uma Vida em prol da família, minhas referências, meus melhores amigos, a minha gratidão eterna.

Aos meus filhos, que me enchem de alegria, me motivam a ser uma pessoa melhor, em constante aprendizado, um presente de Deus.

## **AGRADECIMENTOS**

A minha orientadora Profa. Dra. Angélica Castro Pimentel pela amizade, carinho, apoio e dedicação para elaboração deste trabalho.

Ao Coordenador Prof. Dr. Wilson Roberto Sendyk pelo privilégio da sua amizade, por ser uma referência como Mestre e Profissional de Excelência, por todo conhecimento transmitido e pelas oportunidades.

À Profa. Dra. Leticia Boaro pela generosidade, apoio e colaboração no desenvolvimento desta pesquisa.

À Júlia por todo o suporte na parte laboratorial da pesquisa.

A todo corpo docente do Doutorado em Implantodontia da Universidade Santo Amaro por compartilhar todos os conhecimentos e ajudar na minha formação e de tantos outros profissionais ao longo desses anos.

Aos meus amigos de turma pela troca de conhecimentos e apoio ao longo destes anos.

Ao Prof. Dr. Sergio Tricta Quaresma e Prof. Dr. José Fabio Guastelli Gastaldo, pela amizade e parceria de tantos anos.

## RESUMO

As resinas compostas restauradoras desde 1950, vêm passando por uma grande evolução, com o intuito de encontrar soluções para alcançar um alto nível de estética, e desenvolver propriedades físicas semelhantes à estrutura natural do dente. O objetivo deste estudo *in vitro* foi avaliar a resistência à flexão, módulo de elasticidade, dureza e o grau de conversão, a sorção e a solubilidade dos compósitos resinosos comerciais convencionais e do tipo Bulk-Fill. Material e Método: Foram avaliados cinco compósitos Tetric N-Ceram, Tetric N-Ceram Bulk-fill, Filtek Universal, Filtek One Bulk-Fill, Aura Bulk-Fill. O grau de conversão foi avaliado com o auxílio de um aparelho de espectroscopia de infravermelho com transformador de Fourier. A Sorção e a solubilidade foram avaliadas com pesagens em três diferentes momentos seguindo a norma ISO 4049/2019, e a resistência a flexão foram obtidas em três pontos, por meio da máquina universal de ensaios (Instron 5565) e a microdureza Knoop foi mensurada através de 10 indentações em cada corpo de prova. Resultados: Os dados de resistência a flexão, módulo de elasticidade e dureza foram analisados demonstraram que houve diferença estatística entre os grupos e que os resultados da Filtek One Bulk Fill foram superiores aos demais após o envelhecimento. Os dados de grau de conversão, sorção e solubilidade foram avaliados não mostraram diferença estatística entre os cinco grupos avaliados. Conclusão: Apenas o compósito Filtek One Bulk Fill foi superior aos demais, e estatisticamente semelhante ao compósito convencional de mesma marca (Filtek Universal) tanto para Resistência a Flexão quanto para o módulo de Elasticidade. Para a dureza, os compósitos Bulk Fill foram inicialmente estatisticamente semelhantes entre si e superiores aos demais, no entanto após o envelhecimento, apenas o compósito Filtek One Bulk Fill permaneceu com dureza estatisticamente superior aos demais. Mesmo apresentando o grau de conversão, sorção e solubilidade estatisticamente semelhantes entre todos os compósitos, o compósito Filtek One Bulk Fill apresentou uma menor diminuição das propriedades mecânicas avaliadas.

**Palavras chaves:** resina composta; solubilidade; teste mecânico.

## ABSTRACT

Since the 1950s, restorative composite resins have undergone a great evolution, in order to find solutions to achieve a high level of aesthetics, and to develop physical properties similar to the natural structure of the tooth. The objective of this in vitro study was to evaluate the flexural strength, modulus of elasticity, hardness and degree of conversion, sorption and solubility of conventional and Bulk-Fill commercial resin composites. Material and Method: To evaluate the 5 composites Tetric N-Ceram, Tetric N-Ceram Bulk-fill, Filtek Universal, Filtek One Bulk-Fill, Aura Bulk-Fill. The degree of conversion was evaluated with the aid of an infrared spectroscopy apparatus with a Fourier transformer. Sorption and solubility were evaluated with weighing at three different times following the ISO 4049/2019 standard, and the flexural strength were obtained in three points using the universal testing machine (Instron 5565) and the Knoop microhardness was measured through 10 indentations in each specimen. Results: The flexural strength, modulus of elasticity and hardness data were analyzed and showed that there was a statistical difference between the groups and that the Filtek One Bulk Fill results were superior to the others after aging. The data on the degree of conversion, sorption and solubility were evaluated and showed no statistical difference between the five groups evaluated. Conclusion: Only the Filtek One Bulk Fill composite was superior to the others, and statistically similar to the conventional composite of the same brand (Filtek Universal) both for Bending Strength and for the Elasticity module. For the hardness, the Bulk Fill composites were initially statistically similar to each other and superior to the others, however after aging, only the Filtek One Bulk Fill composite remained with a statistically superior hardness to the others. Even with the degree of conversion, sorption and solubility statistically similar among all composites, the Filtek One Bulk Fill composite showed a smaller decrease in the evaluated mechanical properties.

**Keywords:** composite resin; solubility; mechanical test.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: (A) Materiais para calibragem e confecção da matriz em silicone. 1. Paquímetro Digital, 2. Silicona de Condensação, 3. Punch com secção circular de 5mm, 4. Lâminas de vidro; (B) Calibragem da matriz de silicone; (C) Confecção do orifício com um Punch de 5mm de diâmetro interno..... 36
- Figura 2: (A) Inserção do compósito na matriz; (B) Compósito inserido e lâmina catalogada. .... 37
- Figura 3: Aparelho FTIR, VERTEX 70..... 37
- Figura 4: (A) Luz Guia; (B) Conjunto matriz/compósito posicionado para a leitura; (C) Vista Ampliada..... 37
- Figura 5: Espectro obtido no FTIR. Em azul a curva do material não polimerizado, e em rosa do material polimerizado. A área correspondente ao pico  $6165\text{cm}^{-1}$  correspondente à ligação vinílica foi calculada antes e após a polimerização. 38
- Figura 6: (A) Inserção do Material na Matriz de Aço; (B) Aferição do Espécime com Parquímetro Digital; (C) Balança Analítica M2544i 0,0001g. .... 39
- Figura 7: (A) Matriz bipartida com o espécime; (B) Máquina universal de ensaios (Instron 5565); (C) Espécime posicionado; (D) Momento da fratura (foto cedida Brandt,WC); (E) Porção Linear do Gráfico. .... 41
- Figura 8: (A) Durômetro; (B) Indentador Knoop. .... 41

## LISTA DE ABREVIATURAS

AFM	monómero por adição-fragmentação
ANOVA	Análise de Variância
AUDMA	metacrilato aromático de alto peso molecular
B	Largura do Corpo de Prova
Bis-EMA	Dimetracrilado de Bisfenol Etoxilado
Bis-GMA	Bisfenol Dimetacrilato de Glicol
C	Carga Máxima
D	Deflexão correspondente a Carga
DDDMA	1, 12-dodecane-Dimetacrilato
FTIR	Espectroscopia de Infravermelho com Transformador em Fourier
H	Altura do Corpo de Prova
L	Distância entre os Apoios
LED	Diodo Emissor de Luz
MF	Módulo de Elasticidade
Micro CT	Microtomografia Computadorizada
RF	Resistência Flexural
SL	Solubilidade
SR	Sorção
TEGDMA	Trietileno Glicol Dimetracrilato
TGA	análise termogravimétrica
UDMA	Uretano Dimetacrilato
V	Volume

## LISTA DE SÍMBOLOS

mW/cm <sup>2</sup>	Mili Watt por centímetro quadrado
µg	Micrograma
mm <sup>3</sup>	Milímetro cúbico
mm	Milímetros
Mpa	Mega Pascal
GPa	Giga Pascal
N	Newton
°C	Grau Celsius
Ph	Potencial Hidrogeniônico
g	Grama
s	Segundos
YbF <sub>3</sub>	Fluoreto de itérbio (III)
cm <sup>-1</sup>	Centímetros a - 1
Kgf	Quilograma Força
µm	Micrometro
%	Porcentagem
mm/min	Milímetro por minuto
nm	Nanômetro

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição dos materiais avaliados.....	35
Tabela 2 – Média (desvio-padrão) para os dados de grau de conversão (%) avaliados 24 horas após a fotoativação.....	43
Tabela 3 – Média (desvio-padrão) para os dados de sorção ( $\mu\text{l}/\text{mm}^3$ ) e solubilidade ( $\mu\text{l}/\text{mm}^3$ ). .....	44
Tabela 4 – Média (desvio-padrão) para os dados de resistência à flexão (MPa) 24 e 48 horas após a fotoativação. Na mesma coluna, médias seguidas pela mesma letra apresentam semelhança estatística ( $p>0,05$ ). .....	44
Tabela 5 – Média (desvio-padrão) para os dados de módulo de elasticidade (GPa) 24 e 48 horas após a fotoativação. A redução em porcentagem (%) do módulo de elasticidade foi calculada entre os dois períodos de armazenamento. Na mesma coluna, médias seguidas pela mesma letra apresentam semelhança estatística ( $p>0,05$ ).....	45
Tabela 6 – Média (desvio-padrão) para os dados de microdureza Knoop 24 e 48 horas após a fotoativação. A redução em porcentagem (%) da microdureza foi calculada entre os dois períodos de armazenamento. Na mesma coluna, médias seguidas pela mesma letra apresentam semelhança estatística ( $p>0,05$ ). .....	46

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	13
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	15
2.1 Evolução da Composição das Resinas Compostas Bulk Fill .....	15
2.2 Propriedades Físico-Químicas das Resinas Compostas Bulk Fill .....	18
2.3 Comportamento Clínico das Resinas Bulk Fill.....	29
3 OBJETIVO .....	33
4 MATERIAL E MÉTODO .....	34
4.1 Grau de Conversão.....	36
4.2 Sorção e Solubilidade .....	38
4.3 Propriedades Mecânicas .....	39
4.4 Análise Estatística.....	42
5 RESULTADOS .....	43
6 DISCUSSÃO.....	47
7 CONCLUSÃO.....	54
REFERÊNCIAS .....	55

## 1 INTRODUÇÃO

Desde a década de 1950, as resinas compostas restauradoras, vêm passando por uma grande evolução, com o intuito de encontrar soluções para alcançar um alto nível de estética, e desenvolver propriedades físicas semelhantes à estrutura natural do dente, se tornando o material de eleição para as restaurações diretas (FERRACANE, 2010; VILLARROEL, 2011). No entanto estes materiais, ainda apresentavam algumas deficiências como a contração de polimerização e a resistência a fratura, que sob estresse podem comprometer a integridade da interface dente/restauração e fratura do material (LANGALIA, 2015; ALRAHLAH, 2014).

Com o intuito de obter restaurações com melhor durabilidade e resistência a aplicação incremental de resinas compostas tem sido sugerida como uma técnica padrão para diminuir a tensão de contração de polimerização e alcançar um grau ótimo de conversão (FERRACANE, 2010). Portanto, colocação e polimerização das resinas compostas convencionais, devem ser feitas em camadas de até 2 mm de espessura, porém o uso desta técnica na restauração de cavidades profundas é demorado e também há probabilidade de confinamento de bolhas de ar ou contaminação entre as camadas do compósito (FLURY, 2012).

As resinas compostas Bulk-Fill foram lançadas no mercado odontológico como um novo conceito restaurador, estes compósitos têm uma contração de polimerização menor do que os compósitos fluidos e convencionais, modificações feitas na composição do monômero e na matriz inorgânica dos compósitos resultaram em uma redução de mais de 70% na tensão da contração de polimerização, podendo ser inseridos, segundo os fabricantes, em incrementos de até 4 mm de espessura sem comprometer a conversão ou as propriedades mecânicas (GARCIA, 2014).

O grau de conversão é um indicativo importante para conhecer o desempenho clínico de materiais, como compósitos à base de resina. Tem sido afirmado que o grau de conversão está diretamente relacionado as propriedades físicas e mecânicas, como resistência, dureza, solubilidade, mudanças de cor e

biocompatibilidade de compósitos à base de resina. (ALSHALI, 2013; LOHBAUER, 2005; HOFMANN, 2002). No entanto, também são encontradas como referências em estudos de propriedades mecânicas das resinas, a resistência a flexão e, menos frequentemente, tensões de tração. Maior dureza superficial propicia maior resistência ao desgaste e pode ser considerada indicativa de maior grau de conversão do compósito (BOUSCHLICHER, 2004).

Todavia, apesar das vantagens e resultados promissores destes materiais apresentados em estudos científicos, estes possuem uma composição específica e características de manuseio inovadoras, permitindo a fotopolimerização de camadas mais espessas. Além disso, apresentam propriedades físicas e mecânicas específicas, exigindo a realização de mais estudos sobre as diferenças nas estruturas químicas destes compósitos. (TARLE, 2015; ILIE, 2013). Além da maior profundidade de polimerização que é alcançada por meio de diferentes estratégias, como maior translucidez do material associada ou não da modificação no sistema iniciador (ILIE, 2014; KIM, 2015).

Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi avaliar o grau de conversão, a sorção e a solubilidade, a resistência à flexão, o módulo de elasticidade e a dureza dos compósitos resinosos comerciais convencionais e da Bulk-Fill.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

Este capítulo de revisão da literatura abordará a literatura disponível sobre alguns tópicos de interesse, bem como os fatores relacionados a resistência à flexão, módulo de elasticidade, dureza e o grau de conversão, a sorção e a solubilidade dos compósitos resinosos comerciais convencionais e da Bulk-Fill.

### 2.1 Evolução da Composição das Resinas Compostas Bulk Fill

Sideridou *et al.* (2003) estudaram a sorção de água, solubilidade e módulo de elasticidade das resinas fotopolimerizáveis feitas de Bis-GMA, TEGDMA, UDMA, Bis-EMA e misturas desses monômeros com várias combinações de monômeros, visando o estudo do efeito da estrutura química da resina em suas propriedades físicas. O estudo das propriedades físicas da fotopolimerização resinas de Bis-GMA, TEGDMA, UDMA e Bis-EMA (4) mostrou que o TEGDMA pareceu criar a rede de polímeros mais densa, que, no entanto, foi mais flexível, absorveu a maior quantidade de água e liberou a menor quantidade de monômero que não reagiu. UDMA e Bis-EMA (4) criaram redes mais rígidas que o TEGDMA, que absorveram menos água e liberaram monômero não reagido mais alto. Bis-GMA levou a formação da rede mais rígida, que absorveu menos água do que a resina feita por TEGDMA, mas maior que as resinas UDMA e Bis-EMA (4). As resinas preparadas pela copolimerização de BisGMA/TEGDMA apresentaram valores significativamente maiores para o módulo de Young do que os previstos pela linearidade, dependente dos valores na composição do copolímero (efeito antiplastificante). Ao contrário, as resinas de Bis-GMA/UDMA e Bis-GMA/Bis-EMA (4) mostraram valores do módulo de Young ligeiramente inferiores aos previsto (efeito de plastificação). Bis-GMA/UDMA e as resinas Bis-GMA/Bis-EMA (4) são mais flexíveis do que Resinas Bis-GMA/TEGDMA. O primeiro absorveu menos quantidade de água e liberou monômeros não reagidos mais altos do que este último. Substituição gradual do TEGDMA por UDMA e Bis-EMA (4) em copolimerização com BisGMA resultou em resinas mais flexíveis com menos sorção de água e maiores valores de solubilidade, dependendo do conteúdo TEGDMA. O compósito Z250 apresentou maior módulo de Young, menor sorção de água e solubilidade do que Z100. Essas

diferenças nas propriedades são o resultado do maior teor de carga da resina Z250 e da diferente estrutura da matriz orgânica da resina.

Ferracane (2006), fez uma revisão da literatura nos últimos trinta anos nesta área a respeito dos fatores associados aos efeitos higroscópicos e hidrolíticos em redes poliméricas dentárias. As informações foram coletadas de cerca de 90 artigos publicados ou resumos que aparecem na literatura odontológica e de polímeros, foram incluídos estudos que forneceram evidências diretas da absorção de solvente por uma rede polimérica e seu subsequente efeito físico ou químico, ou a perda de espécies moleculares em solventes. As redes de polímeros dentários demonstraram ser suscetíveis a efeitos higroscópicos e hidrolíticos em graus variados, dependendo de sua química e estrutura. A importância desses efeitos no desempenho clínico das restaurações poliméricas é amplamente desconhecida, embora vários pesquisadores tenham aludido ao potencial de redução da vida útil. Embora as propriedades físicas e mecânicas desses materiais possam ser significativamente alteradas pelos efeitos da absorção de solvente e eluição de componentes, o que pode constituir a maior preocupação é a liberação de curto prazo de componentes que não reagiram e a eluição de longo prazo de produtos de degradação na cavidade oral, ambos os quais devem ser fortemente considerados durante o desenvolvimento do material restaurador.

Sideridou *et al.* (2007) realizaram um estudo *in vitro* sobre o envelhecimento de resinas puras, preparadas a partir de Bis-GMA, UDMA/D<sub>3</sub>MA ou uma mistura de Bis-GMA/UDMA/D<sub>3</sub>MA (65/20/15 p/p/p), em água ou 75% (v/v) etanol/água 37°C. Também estudaram o envelhecimento da Heliomolar RO, que é um compósito radiopaco, microparticulado, fotopolimerizável, cuja matriz resinosa é o copolímero de Bis-GMA /UDMA/D<sub>3</sub>MA (65/20/15 p/p/p). Bis-GMA e resina copolímero não apresentaram alteração significativa nas propriedades mecânicas após imersão em água ou 75% (v/v) etanol/água 37°C, por 30 dias. Pelo contrário, UDMA/D<sub>3</sub>MA e o compósito Heliomolar RO apresentaram uma diminuição significativa. Os resultados obtidos mostraram que o efeito do envelhecimento em água ou solução etanol/água nas propriedades mecânicas de uma resina de dimetacrilato fotopolimerizável

depende da estrutura química da resina. No caso da resina composta este efeito depende da resistência de união carga-matriz.

Silva *et al.* (2011) estudou *in vitro* a influência de diferentes fotopolimerizadores na conversão de quatro resinas compostas com diferentes composições, usando o diferencial de calorimetria de varredura. O grau de conversão é uma medida atualmente empregada em pesquisas, pois permite a caracterização quantitativa da transformação de monômeros em polímeros. Diferentes metodologias podem ser utilizadas para analisar o grau de conversão das resinas. A calorimetria exploratória diferencial permite a medição da conversão de grupos metacrílicos através da reação exotérmica de polimerização. Deve-se ter em mente que a eficiência das unidades de luz fotoativadora depende das características das resinas compostas utilizadas. É correto afirmar que as propriedades clínicas dos compósitos são altamente influenciadas pela qualidade das unidades de luz fotoativadoras. No entanto, o tipo de material utilizado tem grande influência na eficácia da polimerização, incluindo a composição da matriz resinosa, o teor de carga inorgânica bem como o tipo de fotoativador. É necessário um protocolo de polimerização, onde não apenas as características das unidades de luz, mas também os materiais fotoativos presentes nos compósitos, sejam bem definidos pelos fabricantes, para que se consiga uma polimerização adequada.

Al Sunbul *et al.* (2016) analisaram 18 resinas compostas disponíveis comercialmente, quanto ao efeito de sua composição na deformação de contração de polimerização e na cinética de deformação, tensão de contração e módulo de elasticidade. Os compósitos de resina investigados demonstraram um comportamento de contração que está fortemente relacionado aos diferentes sistemas de monômeros e cargas. A natureza do material determinou a quantidade da contração de polimerização e sua taxa e a tensão resultante. Os resultados para os materiais bulk fill ficaram dentro da menor faixa de tensão e tensão de polimerização com exceção de Venus bulk fill (Heraeus Kulzer GmbH, Germany) que apresentou valores elevados de deformação. Materiais fluidos representaram a faixa mais alta o que resulta na tensão e deformação de polimerização. Apesar de ser um material fluído, o GrandioSO heavy flow (Voco,

Cuxhaven, Germany) apresentou o maior módulo de elasticidade em comparação com os outros materiais investigados.

Szczesio-Wlodarczyk *et al.* (2020) por meio de uma revisão de literatura analisaram os fatores ambientais que afetaram os processos de envelhecimento e a degradação de resinas, carga e interface carga-matriz, discutindo os métodos atuais de testes de materiais *in vitro*. Nestes estudos foram selecionados 167 artigos com base na relevância, com preferência para pesquisas recentes nos últimos 5 anos. O processo de envelhecimento foi um elemento inerente ao uso de resinas compostas na odontologia. Infelizmente, apesar da melhoria contínua dos materiais, as restaurações ainda possuem uma vida útil insuficiente. As seguintes conclusões podem ser tiradas da revisão de literatura. A hidrólise de resinas de dimetacrilato ocorreu de forma relativamente lenta em pH neutro; no entanto, enzimas e ácidos aceleram esse processo. As ligações mais suscetíveis ao ataque nucleofílico foram as ligações éster. As ligações formadas entre um agente de acoplamento e uma carga inorgânica são altamente vulneráveis à hidrólise devido ao seu caráter iônico significativo. Este processo pode ser acelerado, especialmente sob carga cíclica, por substâncias adicionais (ácidos, enzimas). Portanto, a estabilidade hidrolítica do agente de acoplamento continua sendo uma grande preocupação entre os pesquisadores. Outros solventes aquosos de envelhecimento (saliva artificial, etanol ou solução de NaOH) podem ser mais agressivos do que a água sozinha. Dada a composição química muito complexa do meio bucal, os testes de envelhecimento que usam água podem ajudar apenas marginalmente a prever o desempenho clínico dos biomateriais. Sistemas capazes de reproduzir mudanças dinâmicas de tensões (ciclagem térmica, testes de fadiga) imitam melhor as condições clínicas e podem ser extremamente valiosos na previsão do desempenho clínico dos compósitos dentários.

## **2.2 Propriedades Físico-Químicas das Resinas Compostas Bulk Fill**

Curtis *et al.* (2008) realizaram um estudo *in vitro* para investigar a influência da imersão de curto e médio prazo na absorção de água e das propriedades mecânicas de uma resina nanoparticulada em comparação com um compósito convencional a base de resina (um microhíbrido, Filtek Z250, e um compósito convencional a base de resina 'nanoparticulado', Filtek Supreme corpo e cores translúcidas; 3M ESPE, St. Paul, EUA) A hipótese aceita foi de que o tamanho e a morfologia das partículas de carga influenciariam a absorção de água e as propriedades mecânicas resultantes. A maior área de superfície em volume e a proporção das cargas presentes nos materiais nanoparticulados aumentou absorção de água e degradação resultante da interface carga/matriz. A presença de nanopartículas e aglomerados no material nanoparticulado forneceu melhores características das propriedades mecânicas e físicas comparadas com as do compósito convencional a base de resina microhíbrida.

Alshali *et al.* (2013) estudaram em modelo *in vitro* o grau de conversão, usando a espectroscopia FTIR para os materiais compósitos de resina fluida Bulk-Fill em comparação com os materiais compósitos de resina fluida e convencionais. Os valores finais do grau de conversão dos compósitos bulk-fill, SureFil, SDR e Venus Bulk-Fill eram geralmente comparáveis aos dos compósitos convencionais. A química da resina não parece influenciar negativamente no processo de polimerização destes materiais. Embora clinicamente aceitável (>55%), o grau de conversão final do compósito bulk-fill X-tra base foi significativamente menor do que os outros materiais. O GrandioSO flow (Voco, Cuxhaven, Germany) compósito fluido convencional apresentou um grau de conversão significativamente maior do que a de outros materiais que podem ser atribuídos à sua alta concentração de monômero TEGDMA.

Alshali *et al.* (2015) realizaram este estudo para medir a relação de dureza inferior/superior de materiais bulk-fill e resinas compostas convencionais, e avaliar as mudanças de dureza após armazenamento seco e com etanol. O teor de carga e a cinética de decomposição térmica também foram testados usando análise termogravimétrica (TGA). Seis compósitos bulk-fill (SureFil SDR, Venus bulk fill, X-tra base, Filtek bulk fill flowable, Sonic fill e Tetric EvoCeram bulk-fill) e oito materiais convencionais de resina composta (Grandioso flow, Venus Diamond flow, X -flow, Filtek Supreme Ultra Flowable, Grandioso, Venus

Diamond, TPH Spectrum e Filtek Z250) foram testados. Foram medidos os valores de microdureza superior e inferior inicial e 24h (pós-cura a seco). A microdureza foi medida novamente após as amostras serem armazenadas em solução de etanol/água a 75%. A decomposição térmica e o teor de carga foram avaliados por TGA. Os resultados foram analisados usando ANOVA e teste t de amostra pareada ( $\alpha=0,05$ ). Todos os materiais apresentaram aumento significativo da microdureza após 24h de armazenamento a seco que variou de 100,1% a 9,1%. Razão de microdureza inferior/superior  $>0,9$  foi exibida por todos os materiais. Todos os materiais apresentaram diminuição significativa da microdureza após 24h de armazenamento em 75% etanol/água que variou de 14,5% a 74,2%. A extensão do desenvolvimento da dureza pós-irradiação foi positivamente correlacionada com a extensão do amolecimento do etanol ( $R^2=0,89$ ,  $p<0,001$ ). A temperatura inicial de decomposição térmica avaliada por TGA foi variável e correlacionada com o amolecimento do etanol. Puderam concluir que os compósitos de resina bulk-fill exibem uma relação de dureza inferior/superior comparável aos materiais convencionais na espessura recomendada pelo fabricante. A dureza foi afetada em extensão variável pelo armazenamento com conteúdo variável de carga inorgânica e decomposição térmica inicial mostrada por TGA.

Oliveira *et al.* (2015) avaliaram o efeito de fotoiniciadores e agentes redutores no grau de conversão e estabilidade de cor de resinas compostas usando diferentes comprimentos de onda de Led. Maior eficiência de cura foi encontrada para fotoiniciadores do tipo I fotoativados com luz de amplo espectro e para sistemas canforquinona com luz de espectro de banda estreita, exceto quando combinados com uma amina alifática metacrilato de etilo. A combinação de cores é inicialmente importante, mas a mudança de cor ao longo do tempo será uma das principais razões para a substituição de restaurações estéticas, apesar do menor amarelecimento desses fotoiniciadores alternativos, a canforoquinona apresentou maior estabilidade de cor.

Par *et al.* (2015) desenvolveram este estudo *in vitro* para determinar o grau de conversão de compósitos bulk-fill de alta e regular viscosidade imediatamente e após 24 horas a fotopolimerização e investigar as variações do grau de conversão em superfície e profundidades de até 4 mm. As medições

espectroscópicas Raman foram feitas imediatamente após a cura nas superfícies das amostras e após 24 horas de armazenamento escuro na superfície e em profundidades incrementais de até 4 mm. Os valores médios do grau de conversão foram comparados usando análise de variância de medidas repetidas (ANOVA) e teste t para amostras dependentes. Todos os compósitos bulk-fill apresentaram um aumento considerável do grau de conversão pós-cura em 24 horas e do grau de conversão clinicamente aceitável em profundidades de até 4 mm. Os compósitos de controle convencionais foram suficientemente curados apenas até 2 mm, apesar da significativa polimerização pós-cura. Diferenças entre os valores do grau de conversão de superfície e de 4 mm, variaram amplamente entre os compósitos bulk-fill (2,9% para Venus Bulk Fill a 19,7% para Tetric EvoCeram Bulk Fill IVB).

Farahat *et al.* (2016) desenvolveram um estudo que avaliaram o efeito dos tempos de irradiação e profundidades nas resinas bulk-Fill no grau de conversão e compará-lo com o tipo universal. Este estudo foi realizado em dois grupos de resinas odontológicas, incluindo Tetric N Ceram Bulk Fill e Tetric N Ceram Universal. As amostras compostas foram preparadas em moldes de Teflon com diâmetro de 5 mm e altura de 2, 4 e 6 mm. Então, metade das amostras em cada profundidade foram curadas do lado superior do molde por 20s na fotopolimerização de LED. O tempo de irradiação para outros espécimes foi de 40s. Após 24 horas de armazenamento em água destilada, a microdureza da parte superior e inferior das amostras foi medida usando uma máquina de teste de dureza Vickers Future Tech (Japan-Modelo FM 700). Os dados foram analisados estatisticamente por meio da ANOVA e teste de Tukey. Pode-se afirmar que o grau de cura de Tetric N Ceram bulk fill compósitos à base de resina foi maior do que o tipo universal similar para todos os valores de tempo de cura e espessura do material. Além disso, o tempo de irradiação recomendado pelo produtor de 20s e profundidade de cura apropriada de até 4 e 2 mm foi suficiente para o bulk fill e compósitos à base de resina universais, respectivamente. Aumentar o tempo de cura de 20 para 40 segundos teve um efeito marginalmente significativo ( $p \leq 0,040$ ) no grau de conversão tanto para as amostras de resinas bulk fill quanto para as amostras de resina universal estudadas. O Grau de Conversão do compósito bulk fill investigado (Tetric N

Ceram Bulk Fill) foi melhor do que o tipo universal (Tetric N Ceram Universal) em todos os tempos de irradiação e profundidades bulk. Os Compósitos universais e bulk fill estudados tiveram um Grau de Conversão apropriado nas profundidades bulk de 2 e 4 mm respectivamente e usando o tempo de cura recomendado de 40s pode levar a um valor ligeiramente melhor de grau de conversão em ambos os compósitos.

Randolph *et al.* (2016) analisaram as propriedades mecânicas dos compósitos à base de resina, que são altamente dependentes das características do tipo de carga do material (tamanho, conteúdo, geometria, composição). A maioria dos materiais comerciais atuais são comercializados como "nanohíbridos" (ou seja, tamanho < 1  $\mu\text{m}$ ). Foram descritas as características do preenchedor de uma seleção de resinas, com o objetivo de identificar correlações com propriedades físico-mecânicas e testar a relevância da classificação atual. A resina composta com as melhores propriedades mecânicas, também tiveram os maiores teores de carga e exibiram a mais baixa sorção de solvente. A sorção também foi associada à resistência à flexão, com o aumento dos níveis de sorção associado à diminuição da resistência, destacando a importância de limitar a absorção de solventes. Atualmente, a classificação mais utilizada é baseada na distribuição do tamanho das partículas, sugere-se uma classificação simples e inequívoca baseada nesta característica, com três níveis (ultra-low fill, low-fill e resinas compostas compactas).

Abbasi *et al.* (2018) verificaram a contração de polimerização de cinco compósitos bulk-fill em comparação com um compósito convencional. Nas resinas compostas avaliadas, a curva de contração elevou-se imediatamente após o início da fotoativação, e a maior taxa de contração foi observada logo após o início da irradiação luminosa; a contração teve aumento gradual. Os compósitos bulk-fill não tiveram diferença significativa com o compósito convencional (o grupo controle) em termos de contração de polimerização e taxa de polimerização em um segundo (o início da polimerização). Na avaliação da taxa de polimerização, a taxa mais alta foi observada para EverX Posterior (GC Corp., Tóquio, Japão), e a taxa mais baixa foi registrada com X-tra (VOCO, Cuxhaven, Alemanha). Os resultados mostraram que a contração de polimerização dos compósitos bulk-fill avaliados não foi significativamente

diferente daquela do compósito convencional, X-tra (VOCO, Cuxhaven, Alemanha) apresentou a menor contração de polimerização entre os compósitos bulk-fill.

Gonçalves *et al.* (2018) estudaram seis compósitos bulk-fill e dois compósitos convencionais quanto ao grau de conversão, contração volumétrica e citotoxicidade, a fim de avaliar a eficácia das resinas bulk-fill em permitir a conversão homogênea de monômeros na espessura de 4 mm do material fotoativado, garantindo baixa contração volumétrica e adequada compatibilidade biológica. Apesar de nenhum dos materiais analisados foi considerado como o ideal, nenhum material apresentou toxicidade. Em relação a contração, todos foram semelhantes aos materiais convencionais, apenas quatro dos compósitos bulk-fill foram capazes de sustentar uma conversão homogênea na profundidade de 4 mm, porém a maioria deles foi capaz de atingir um grau de conversão alto o suficiente para aplicação clínica. O compósito Venus Bulk Fill Flow / Heraeus Kulzer apresentou melhor conversão na espessura de 4 mm com menor contração volumétrica e citotoxicidade aceitável.

Nayyer *et al.* (2018) avaliaram as propriedades mecânicas (microdureza e resistência ao desgaste) de diversos compósitos e materiais compômeros. Além disso, foram comparadas as metodologias utilizadas para avaliar a resistência ao desgaste. Usando material restaurador (Filtek Z250, Filtek Z350, QuiXfil, SureFil SDR e Dyract XP) para avaliar a resistência ao desgaste. Um simulador de escova de dentes feito sob medida foi empregado para o teste de desgaste. Antes e depois da resistência ao desgaste, propriedades estruturais, superficiais e físicas foram avaliadas usando várias técnicas. Alterações estruturais e perda de massa foram observadas após o tratamento, enquanto não foi observada diferença significativa em termos de microdureza. A correlação entre microscopia de força atômica e perfilômetro e entre resistência ao desgaste e volume de preenchimento foi altamente significativa. A correlação entre resistência ao desgaste e microdureza foi insignificante. Puderam concluir que a força atômica apresentou maior precisão em relação aos perfilômetros ópticos em nível de nano escala, mas ambos os métodos podem ser usados em conjunto para uma análise de rugosidade mais detalhada e precisa.

Tauböck *et al.* (2018) analisaram a contração de polimerização, o desenvolvimento da tensão de contração e o grau de conversão de monômeros de compósitos de resina bulk-fill à base de dimetacrilato e ormocer de alta e baixa viscosidade. A contração de polimerização linear e a tensão de contração foram registradas em tempo real usando dispositivos feitos sob medida, e a taxa de força e o tempo para atingir a taxa de força máxima foram determinados. O grau de conversão foi medido usando espectroscopia de infravermelho com de Fourier. Pode-se concluir que os compósitos de resina bulk-fill se contraem menos durante a polimerização e desenvolvem menos tensão de contração em comparação com seus fluxos convencionais e contrapartes de alta viscosidade, respectivamente. Em geral, os compósitos bulk fill com quantidade reduzida de matriz orgânica e baixa taxa de tensão mostrou a tensão de contração mais favorável, características estas que apoia seu uso para restaurar cavidades profundas posteriores.

Boaro *et al.* (2019) efetuaram uma meta-análise de estudos clínicos e laboratoriais para comparar o desempenho de resinas compostas Bulk-Fill e convencionais em termos de contração de polimerização, tensão de polimerização, deflexão de cúspides, qualidade marginal, grau de conversão, microdureza, resistência à flexão, resistência à fratura e desempenho clínico. 103 artigos foram incluídos no estudo, e compararam os compósitos bulk-fill e convencionais usando o software RevMan. Dentro das limitações da meta-análise apresentada, a nova classe de compósitos restauradores denominados compósitos bulk-fill é segura para o uso clínico. Estudos laboratoriais mostraram desempenho semelhante ou melhor dos materiais bulk-fill em relação às resinas compostas tradicionais em termos de tensão de polimerização, deflexão de cúspide, gap marginal, grau de conversão, resistência à flexão e resistência à fratura. As únicas exceções são a menor microdureza de materiais bulk-fill com espessura inferior a 2 mm. Além disso, os ensaios clínicos, apesar do número reduzido, não detectaram diferenças no desempenho dos materiais bulk-fill e convencionais após 10 anos de acompanhamento.

Rizzante *et al.* (2019) estudaram *in vitro* a tensão de contração de polimerização de diferentes resinas compostas bulk-fill e seu módulo de elasticidade. Para cada um dos nove grupos de compósito, sete corpos de prova

adicionais (2x2x25 mm) foram confeccionados e o módulo de Young foi avaliado com um dispositivo de flexão de 3 pontos adaptado em uma Máquina de Ensaio Universal com velocidade de carregamento de 0,5 mm/min e célula de carga de 50 KgF. Os compósitos bulk-fill apresentam comportamento bastante heterogêneo, relacionado à sua composição (monômeros e teor de carga). Pode-se concluir que os compósitos bulk-fill apresentaram uma ampla faixa de valores de módulo de elasticidade, mas semelhantes aos compósitos “regulares”. A contração volumétrica parece ser mais importante do que o módulo de elasticidade para o desenvolvimento da tensão de polimerização. As resinas compostas Bulk-fill apresentaram menor geração de tensão de contração quando comparadas às resinas convencionais, principalmente quando foram avaliados incrementos maiores.

Salem *et al.* (2019) avaliaram o grau de conversão e a contração de polimerização de compósitos bulk-fill de baixa contração em espessura de 4 mm, em comparação com resina composta convencional, para avaliar a eficácia de cada abordagem de fabricante em permitir a conversão homogênea de monômeros e reduzir a contração de polimerização. Os resultados do estudo revelaram que a resina composta convencional Filtek Z350 XT apresentou o menor grau de conversão em comparação com todas as resinas compostas bulk-fill testadas. Esses resultados eram esperados, uma vez que a resina composta convencional foi colocada a espessura de 4 mm, sendo recomendado pelo fabricante que seja colocada em incrementos não > 2 mm de espessura para garantir o grau de conversão homogêneo em toda a espessura do material, além de ser um caminho para reduzir o estresse de polimerização. A utilização de monômeros de resina de baixa contração em compósitos de resina bulk-fill parece ser benéfico para reduzir a contração volumétrica de polimerização com aprimoramento no grau de conversão. O aumento da concentração de carga em compósitos bulk-fill de baixa contração teve um efeito positivo na redução da contração volumétrica de polimerização, enquanto seu efeito no grau de conversão foi dependente do material.

Espíndola-Castro *et al.* (2020) avaliaram *in vitro* a microdureza, sorção, solubilidade e estabilidade de cor de três resinas bulk fill restauradoras em três tempos diferentes, que foram imersas em café e água destilada (controle). A

resina composta Filtek Bulk Fill (3M/ESPE) apresentou valores de dureza estatisticamente melhores que os demais grupos. Após 7 dias de imersão no café, a resina Opus Bulk Fill (FGM) apresentou resultados de estabilidade de cor estatisticamente inferiores em relação aos demais grupos. Em relação à sorção, a resina Tetric N-Ceram Bulk Fill (Ivoclar Vivadent) apresentou resultados estatisticamente significantes em relação aos demais grupos. O Opus Bulk Fill (FGM) apresentou resultados de solubilidade estatisticamente inferiores em relação aos outros materiais. Todas as resinas compostas que foram testadas, apresentaram resultados aceitáveis de sorção e solubilidade conforme recomendado pela ISO 4049-2009. A resina Filtek Bulk Fill apresentou resultados de microdureza superiores aos demais materiais. A resina composta Opus Bulk Fill foi a que mais pigmentou após 7 dias de imersão em café. As três resinas bulk fill apresentaram valores aceitáveis de dureza, sorção e solubilidade. No entanto, todos os grupos apresentaram alta taxa de pigmentação após 7 dias de imersão em café.

Hayashi *et al.* (2020) utilizaram tomografia de coerência óptica e microscopia micro Raman para investigar o defeito interno e o grau de conversão de dois sistemas compósitos bulk-fill com configurações de polimerização de luz convencional ou de alta irradiância. O defeito interno e o grau de conversão dos novos compósitos bulk-fill; Tetric PowerFill e Tetric PowerFlow foram comparados com os compósitos bulk-fill predecessores; Tetric EvoCeram Bulkfill e Tetric EvoFlow Bulkfill, utilizando fotopolimerizador LED em duas configurações; normal (LED-Nrm: 1000 mW/cm<sup>2</sup>, 10 segundos) ou PowerCure (LED-Pwr: 3000 mW/cm<sup>2</sup>, 3 segundos). Defeito interno e grau de conversão de compósitos bulk-fill foram afetados por sua composição e configurações de luz. Houve uma tendência para menos defeitos e melhor polimerização para os bulk-fills fluidos. O novo compósito bulk-fill fluido com fotopolimerização de alta irradiância de 3 segundos não mostrou formação de defeitos.

Marovic *et al.* (2020) avaliaram o comportamento de uma nova geração de resinas compostas bulk-fill após exposição prolongada a um ambiente aquoso e envelhecimento acelerado em etanol. Seis resinas Bulk fill foram testadas e comparados com dois materiais de referência convencionais. Após 30 dias, o grau de conversão estava acima de 80% para todos os materiais testados. Os

materiais de alta e média viscosidade mostraram um aumento inesperado na resistência à flexão após 30 dias em água e mais 3 dias em etanol, superior aos valores de 30 dias. Tal comportamento não foi observado para resistência à flexão de materiais de baixa viscosidade e referência. Por outro lado, o módulo de flexão dos materiais bulk-fill de alta e média viscosidade foi estatisticamente semelhante nos grupos de 30 dias e 30+. O estudo *in vitro* mostrou que uma nova geração de compósitos de resina bulk-fill de alta viscosidade tem o potencial de resistir a danos mecânicos devido ao envelhecimento. Os materiais bulk-fill de baixa viscosidade foram menos resistentes ao envelhecimento artificial em água e etanol e deveriam ser cobertos com uma camada superior de um material de alta viscosidade. As condições experimentais incluíram tempo de cura prolongado, maior do que a duração de cura recomendada pelos fabricantes e profundidade de 2 mm. Sob essas condições, as tendências nas propriedades mecânicas após o envelhecimento acelerado *in vitro* foram altamente dependentes do material. O compósito Bulk Fill de nova geração com tecnologia de transferência de cadeia de fragmentação e adição, Filtek One Bulk Fill, apresentou propriedades mecânicas superiores e um alto grau de conversão, apesar da alta sorção de água. Outro material com um reagente de transferência de cadeia de fragmentação e adição, o Tetric PowerFill, também apresentou melhorias significativas em comparação com seu antecessor, o Tetric EvoCeram Bulk Fill.

Asadian *et al.* (2021) compararam o desgaste e a rugosidade superficial de quatro resinas compostas bulk-fill com uma resina composta convencional. Trinta discos compostos (4 mm × 10 mm) foram fabricados a partir de compósitos EverX Posterior (GC), X-tra fil (Voco), Filtek Bulk-Fill (3M, EUA), SonicFill 2 (Kerr) e Z250 (3M). O peso e a rugosidade da superfície dos espécimes foram medidos. Para a avaliação do desgaste por atrito, os corpos de prova foram colocados em um simulador de mastigação (Mechatronik). A ciclagem de pH foi realizada para erodir os discos compostos. Em seguida, foram colocados em uma máquina simuladora de escovação (Dorsa) para desgaste por abrasão. Por fim, foram medidos o peso e a rugosidade da superfície dos corpos de prova. Os dados foram comparados usando ANOVA. Considerando as limitações pode se concluir que o desgaste e a rugosidade superficial dos compósitos bulk-fill estão

dentro da faixa aceitável e não são diferentes daqueles de um compósito convencional.

Wang *et al.* (2021) avaliaram o efeito da intensidade de fotopolimerização e do espectro de comprimento de onda na geração de calor e avaliaram as propriedades químico-mecânicas de compósitos bulk-fill. Quatro materiais restauradores bulk-fill (Filtek bulk-fill, Tetric PowerFill bulk-fill, Beautifil Bulk restaurador e Admira Fusion X-tra) foram usados neste estudo. Um total de 100 espécimes cilíndricos de cada compósito ( $n = 25/\text{grupo}$ ) foram usados. Os espécimes foram preparados, e depois curados usando unidade de fotopolimerização de monoonda, com uma intensidade de luz única de  $1470 \text{ mW/cm}^2$  e uma unidade de fotopolimerização de polionda com três intensidades de luz diferentes ( $1200, 2100, 3050 \text{ mW/cm}^2$ ). A mudança de temperatura nas resinas compostas Bulk Fill é proporcional ao aumento da intensidade da luz. As resinas compostas Bulk Fill resultaram em valores de dureza significativamente mais altos quando curados com unidade de fotopolimerização mono-onda em comparação com uma unidade de fotopolimerização polionda. Não foram encontradas correlações entre a intensidade de fotopolimerização e a dureza dos materiais nas resinas compostas Bulk Fill. Uma correlação positiva foi encontrada entre a dureza e o grau de conversão em materiais nas resinas compostas Bulk Fill.

Jafarpour *et al.* (2022) mediram a concentração de carga, tenacidade à fratura, dureza Vickers, sorção/solubilidade e mudança de cor de dois compósitos bulk-fill, e um convencional, e uma resina composta fluida em condições secas e úmidas por 1, 7 e 60 dias. Após a análise dos resultados puderam observar que o tipo de material resinoso composto, assim como o meio de armazenamento e o envelhecimento influenciaram nas propriedades físicas e mecânicas das resinas compostas. A concentração de carga também mostrou efeitos significativos na tenacidade à fratura das resinas compostas. Em geral, a resina G-aenial Universal Flow (GC) apresentou a maior tenacidade à fratura, sorção/solubilidade de água e a menor dureza em comparação com outras resinas compostas. Após 60 dias, as mudanças de cor de todas as resinas compostas utilizadas eram clinicamente invisíveis. Especula-se que cada

material deve ser utilizado para uma necessidade clínica específica com base em suas propriedades.

### 2.3 Comportamento Clínico das Resinas Bulk Fill

Van Dijken *et al.* (2016) avaliaram a durabilidade clínica de 5 anos de uma técnica bulk-fill de resina composta fluida em restaurações Classe I e Classe II. Cada paciente recebeu pelo menos duas restaurações estendidas Classe I ou Classe II, tão semelhantes quanto possível. Em todas as cavidades foi aplicado adesivo autocondicionante de 1 passo (Xeno V+ Dentsply/DeTrey). Randomizada, uma das cavidades de cada par recebeu a resina composta bulk-fill (SDR, Dentsply/DeTrey) fluida, em incrementos de até 4 mm conforme necessário para preencher a cavidade, e os 2 mm restantes aquém do cavo superficial oclusal, foi completada com resina composta nano-híbrida (Ceram X mono+ Dentsply/DeTrey). Na outra cavidade, a resina composta apenas (Ceram X mono+ Dentsply/DeTrey) foi colocada em incrementos de 2 mm. O uso de uma técnica incremental de 4 mm com a resina composta fluida bulk-fill mostrou durante o seguimento de 5 anos uma durabilidade ligeiramente melhor, mas não estatisticamente significativa, em comparação com a técnica convencional de estratificação de 2 mm em restaurações posteriores de resina composta.

Van Ende *et al.* (2017) produziram uma revisão de literatura até outubro de 2016 com base em uma pesquisa no PubMed (palavras-chave: "bulk-fill OR bulkfill OR bulk fill" AND "composite OR composites"), com o objetivo de fornecer uma visão geral da literatura sobre os compósitos Bulk fill atualmente disponíveis e descrever as tendências comuns, bem como as grandes variações. Os achados puderam auxiliar o clínico a selecionar o material adequado quanto à sua aplicabilidade em diversas situações clínicas. Esta revisão revelou que os compósitos bulk-fill diferem dos compósitos convencionais em sua maior profundidade de cura, o que pode ser atribuído principalmente a um aumento na translucidez. No entanto, a literatura é inconsistente quanto à determinação da profundidade de cura. Os compósitos bulk-fill fluidos parecem mais adequados para cavidades estreitas com mais de 4 mm de profundidade, em particular quando é desejável um maior potencial de adaptação graças à melhor fluidez

em configurações de cavidade menos acessíveis. Em cavidades mais extensas, são preferíveis os compósitos bulk-fill com alta carga de preenchimento. Então, a resistência ao desgaste e à fratura tornou-se cada vez mais importante, enquanto uma consistência mais espessa também pode ajudar na obtenção de um bom ponto de contato. Concluiu que mais estudos clínicos que se concentrem especificamente em restaurações grandes e profundas de resina Bulk fill são definitivamente necessários para explorar completamente os benefícios clínicos dos compósitos.

Vianna-de-Pinho *et al.* (2017) compararam o tempo restaurador necessário e a adaptação interna após o envelhecimento termomecânico de restaurações classe I usando a técnica incremental convencional ou técnica bulk-fill. Cavidades (Classe I) foram preparadas na superfície oclusal de terceiros molares humanos. 40 dentes foram divididos em quatro grupos experimentais de acordo com a técnica restauradora, variando o tipo do compósito e a espessura do incremento de 1 a 3 mm. Nenhuma diferença significativa na formação de gap foi encontrada entre a técnica de restauração convencional e bulk-fill testada; entretanto, o uso de um compósito bulk-fill reduziu em 20% o tempo clínico restaurador.

Bellinaso *et al.* (2019) compararam o tempo para as restaurações de cavidades em dentes posteriores usando bulk-fill e resinas compostas convencionais por meio de uma revisão sistemática e metanálise. Dois revisores identificaram estudos elegíveis de acordo com os critérios de inclusão: bulk-fill comparado à resina convencional em classe I ou II, e o tempo como desfecho. Uma meta-análise da diferença média do tempo restaurador entre os compósitos foi realizada (método de variância inversa, modelo de efeitos aleatórios). Dos 662 estudos elegíveis, 133 foram selecionados para análise de texto completo; três foram incluídos na revisão sistemática e na meta-análise. Apesar do pequeno número de estudos incluídos na presente revisão, pode-se concluir que o uso de uma resina composta bulk-fill requer um tempo menor para realizar restaurações em dentes posteriores do que as resinas convencionais colocadas de forma incremental. Não há evidências suficientes para ter a mesma conclusão em relação às resinas compostas bulk-fill fluidas.

Veloso *et al.* (2019) realizaram uma revisão sistemática para comparar o desempenho clínico de resinas compostas bulk-fill com resinas compostas convencionais usadas para restaurações diretas de dentes posteriores. Apenas estudos avaliando restaurações diretas classe I e II em dentes permanentes com um período de acompanhamento de pelo menos 1 ano foram incluídos. O programa RevMan 5 foi utilizado para meta-análise, calculando o risco relativo (RR) e intervalo de confiança de 95% (IC) do desfecho dicotômico (falha ou sucesso da restauração). Foram selecionados dez artigos, compreendendo 941 restaurações analisadas. O período médio de seguimento foi de 33,6 meses (12-72 meses). Não foram observadas diferenças estatisticamente significativas na taxa de falha entre os compósitos de resina bulk-fill convencionais e base/fluidos ou compósitos de resina bulk-fill de corpo inteiro/esculpíveis. A revisão sistemática e meta-análise indicam desempenhos clínicos semelhantes de resinas compostas bulk-fill e convencionais em um período de acompanhamento de 12 a 72 meses. Com base nos resultados, as resinas compostas bulk-fill podem ser uma alternativa para restaurações diretas em dentes posteriores. No entanto, são necessários ensaios clínicos de maior duração.

Arbildo-Vega *et al.* (2020) produziram esta revisão sistemática e meta-análise com o objetivo de avaliar o desempenho clínico de resinas compostas bulk-fill usadas em restaurações diretas e compará-las com resinas compostas convencionais. Um total de 1.262 artigos foram identificados a partir da busca na base de dados realizada até maio de 2020. Com base nos critérios de seleção, a avaliação do texto completo foi realizada para 26 estudos potencialmente elegíveis, para identificar 16 títulos que atenderam aos critérios de inclusão. Na investigação, a hipótese nula não foi rejeitada. A eficácia clínica da resina bulk-fill foi semelhante à resina convencional, independentemente do tipo de restauração (classe I, II ou lesões cervicais não cariosas), do tipo de dente restaurado (dentes decíduos ou permanentes) ou da técnica de restauração usado (incremental, em bloco ou em bloco em duas etapas). À luz das evidências atuais, o desempenho clínico de resinas convencionais e resinas Bulk Fill para restaurações de lesões cariosas é semelhante. No entanto, estudos clínicos adequadamente desenhados são necessários para evitar os vieses observados, a fim de chegar a uma melhor conclusão.

Gerula-Szymańska *et al.* (2020) fizeram uma revisão sistemática para avaliar a integridade marginal de materiais compósitos bulk fill líquidos e condensáveis colocados em cavidades de classe II. Um total de 142 registros potencialmente relevantes foram encontrados nas bases de dados. Foi feito um fluxograma resumindo o artigo e o processo de seleção foi de acordo com a Declaração PRISMA. Depois de remover duplicatas, examinando os títulos e resumos, e análises de texto completo, um total de 10 artigos preencheram os critérios de seleção e foram incluídos na revisão. A presente revisão indicou que os compósitos bulk fill líquidos e condensáveis apresentaram integridade marginal semelhante quando usado para a restauração de cavidades classe II. No entanto, mais estudos clínicos de longo prazo são necessários para avaliar completamente sua estabilidade em condições naturais de boca. De acordo com o desejo geral de simplificar o procedimento de cavidades de preenchimento, os compósitos Bulk Fill podem se tornar os materiais mais comumente usados.

Zotti *et al.* (2021) avaliaram o risco de microinfiltração de restaurações diretas posteriores feitas de bulk-fill versus resinas compostas convencionais em revisões sistemáticas com metanálise. Os resultados mostraram diferenças estatisticamente significativas em relação às três variáveis avaliadas entre as restaurações diretas realizadas com resina composta bulk-fill e aquelas realizadas com resinas compostas tradicionais. Especificamente, as restaurações de compósitos bulk-fill apresentaram 5,1% de redução do risco de descoloração marginal e 1,4% de cárie secundária, mostraram 6,5% de aumento do risco de adaptação marginal. Infelizmente, esta meta-análise não pode fornecer fortes evidências sobre a classe de compósitos mais responsáveis pela microinfiltração, devido aos diferentes resultados obtidos a partir da análise, e mais ensaios com seguimentos estendidos e protocolos rigorosos são aconselháveis para obter resultados baseados em evidências e evitar tanto como possível risco de viés entre estudos. No entanto, os resultados são certamente úteis para os clínicos que podem identificar os compósitos bulk-fill como materiais confiáveis e eficazes para restaurações diretas. Concluíram que as resinas bulk-fill são de boa solução para reabilitar diretamente, além de possibilitar a diminuição do tempo operatório.

### 3 OBJETIVO

O objetivo deste estudo foi avaliar o grau de conversão, a sorção e a solubilidade. E a resistência à flexão, módulo de elasticidade, e a dureza dos compósitos resinosos comerciais convencionais e do tipo Bulk-Fill antes e após o armazenamento em etanol.

A hipótese nula testada foi que as formulações Bulk-Fill mantêm as mesmas propriedades mecânicas e grau de conversão que os compósitos convencionais após o armazenamento em etanol.

#### **4 MATERIAL E MÉTODO**

Foram avaliados cinco compósitos restauradores comerciais, sendo três resinas Bulk-Fill de consistência regular e alta viscosidade e dois compósitos convencionais, Todos os compósitos que foram analisados, adquiridos na cor A2 ou equivalente, conforme apresentado na tabela 1.

Tabela 1 — Composição dos materiais avaliados

<b>Material</b>	<b>Composição</b>	<b>Fabricante</b>
Tetric N-Ceram	UDMA, Bis-GMA, BisEMA, 62,5% de vidro de bário, YbF <sub>3</sub> , óxidos mistos de dióxido de silício, 17% pré-polímeros.	Ivoclar Vivadent, Liechtenstein
Tetric N-Ceram Bulk-fill	Bis-GMA, UDMA, TEGDMA, 61% de partículas de vidro de bário, YbF <sub>3</sub> , óxidos mistos, dióxido de silício, 17% pré-polímeros.	Ivoclar Vivadent, Liechtenstein
Filtek Universal	Bis-GMA, TEGDMA, PEGDMA, Bis-EMA. Carga orgânica: UDMA e DDDMA. Carga inorgânica: cerâmica silanizada tratada, sílica tratada de silano, fluoreto de itérbio e pó de cerâmica. 76,5% em peso	3M ESPE, EUA
Filtek One Bulk-Fill	AFM (monômero por adição-fragmentação). Carga orgânica: AUDMA, UDMA e DDDMA. Carga inorgânica: sílica de 20 nm, zircônia de 4 a 11 nm, e trifluoreto de itérbio de 100 nm. 76,5% em peso.	3M ESPE, EUA
Aura Bulk-Fill	Bis-GMA, UDMA, Bis-EMA, TEGDMA, aluminossilicato de bário com partículas pré-polimerizadas, dióxido de silicone amorfo, sílica	SDI, EUA

Fonte: o Autor.

#### 4.1 Grau de Conversão

O grau de conversão foi avaliado com o auxílio de um aparelho de espectroscopia de infravermelho com transformador de Fourier (Vertex 70, BrukerOptik, Alemanha). Espécimes com 5 mm de diâmetro e 1 de altura ( $n = 5$ ) foram confeccionadas (Fig. 1 e 2) e as medições foram realizadas antes e 24 horas após a fotoativação, com 32 escaneamentos por análise com uma resolução de  $6 \text{ cm}^{-1}$ . A fotoativação foi realizada com irradiância de  $1200 \text{ mW/cm}^2$  por 25 segundos cada (setup do aparelho), utilizando um LED de alta potência (Radi Call, Austrália). A conversão foi determinada pela variação da área de sob o pico de  $6165 \text{ cm}^{-1}$  das resinas polimerizadas em relação ao material não polimerizado, segundo a fórmula:

$$GC = \left[ 1 - \left( \frac{\text{Polimerizado}}{\text{Não polimerizado}} \right) \right] * 100$$

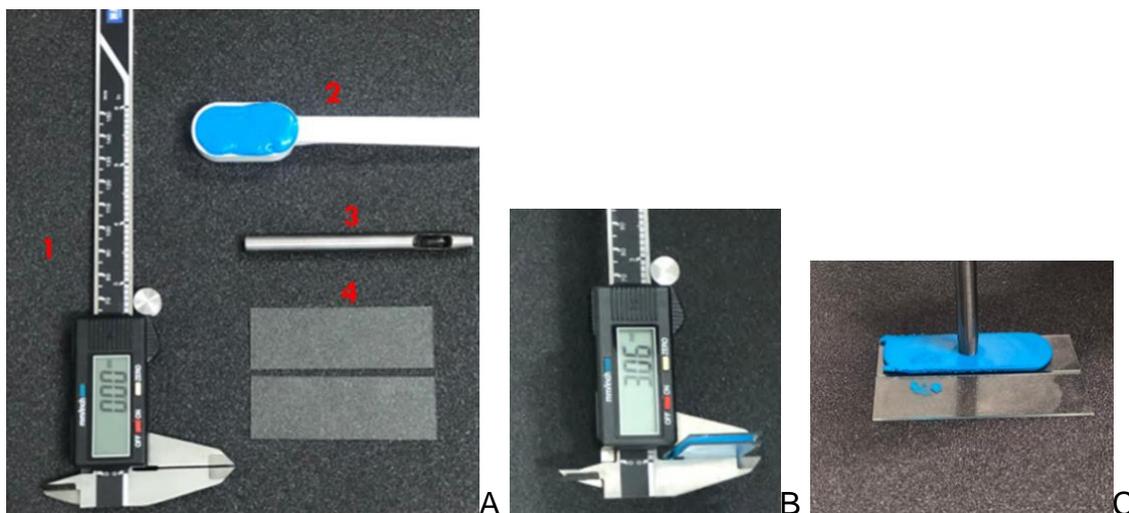


Figura 1: (A) Materiais para calibragem e confecção da matriz em silicone. 1. Paquímetro Digital, 2. Silicona de Condensação, 3. Punch com secção circular de 5mm, 4. Lâminas de vidro; (B) Calibragem da matriz de silicone; (C) Confecção do orifício com um Punch de 5mm de diâmetro interno.

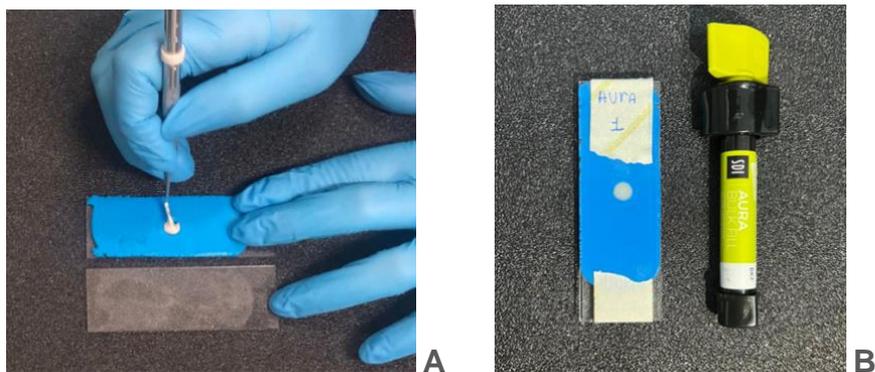


Figura 2: (A) Inserção do compósito na matriz; (B) Compósito inserido e lâmina catalogada.



Figura 3: Aparelho FTIR, VERTEX 70.



Figura 4: (A) Luz Guia; (B) Conjunto matriz/compósito posicionado para a leitura; (C) Vista Ampliada.

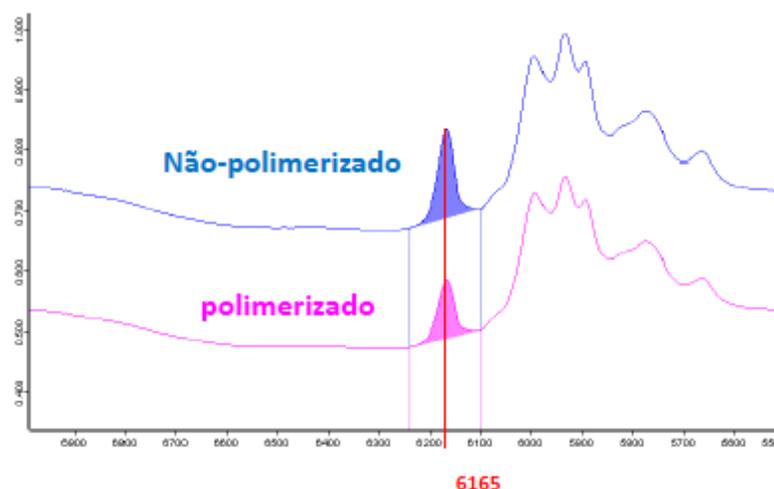


Figura 5: Espectro obtido no FTIR. Em azul a curva do material não polimerizado, e em rosa do material polimerizado. A área correspondente ao pico  $6165\text{ cm}^{-1}$  correspondente à ligação vinílica foi calculada antes e após a polimerização.

## 4.2 Sorção e Solubilidade

Espécimes cilíndricos com 15 mm de diâmetro e 1 mm de altura ( $n = 5$ ) foram confeccionados utilizando-se de anel de aço, seguindo a norma ISO 4049/2009. A fotoativação foi realizada com irradiância de  $1200\text{ mW/cm}^2$  por 25 segundos cada (setup do aparelho), utilizando um LED de alta potência (Radi Call, Austrália). De acordo com a ISO 4049/2019, os espécimes foram submetidos a uma dessecação em um dissecador a vácuo à  $37^\circ\text{C}$  por 14 dias. Os espécimes foram pesados em uma Balança Analítica M2544i 0,0001g (BEL Engineering®, Monza - Milano, ITÁLIA). para a obtenção de  $m_1$ . O diâmetro e a altura de cada espécime foram mensurados para o cálculo do volume.



Figura 6: (A) Inserção do Material na Matriz de Aço; (B) Aferição do Espécime com Parquímetro Digital; (C) Balança Analítica M2544i 0,0001g.

Em seguida os espécimes foram imersos em água destilada a 37°C por 7 dias. Os espécimes foram levemente secos com papel absorvente, e novamente pesados para obtenção de  $m_2$ . Os espécimes foram então dessecados como descrito anteriormente por 14 dias, e pesados para obtenção de  $m_3$ . A sorção e a solubilidade foram calculadas para cada espécime de acordo com as seguintes fórmulas:

$$SR = \frac{m_2 - m_1}{V} \quad SL = \frac{m_1 - m_3}{V}$$

onde: SR é a sorção, SL é a solubilidade,  $m_1$  é a massa obtida após a secagem inicial do espécime ( $\mu\text{g}$ ),  $m_2$  a massa após o período de imersão em água ( $\mu\text{g}$ ),  $m_3$  a massa final após a dessecação do espécime ( $\mu\text{g}$ ), e V é o volume de cada espécime ( $\text{m}^3$ ).

### 4.3 Propriedades Mecânicas

Espécimes foram confeccionados nas dimensões de 10x2x1 mm ( $n = 20$ ), com uso de matriz de aço bipartida. Os espécimes foram fotoativados com 1200mW/cm<sup>2</sup> por 25s (setup do aparelho) utilizando um LED de alta potência (Radi Call, Austrália). Após fotoativação, metade dos espécimes foram armazenados à seco a 37°C por 24h, quando a outra metade dos espécimes foram armazenados à seco a 37°C por 24h e em etanol absoluto por 24h a 37°C. O teste de dobramento em três pontos foi realizado em máquina universal de ensaios (Instron 5565), sendo a distância entre os apoios de 8 mm. A medida de cada espécime foi tomada individualmente com o auxílio de um paquímetro digital. A carga registrada no momento da fratura e as dimensões do corpo de prova foram utilizadas para o cálculo da resistência a flexão, segundo a fórmula:

$$Rf = \frac{3 \times C \times L}{2 \times b \times h^2}$$

Onde:  $R_f$  = resistência flexural (MPa);  $C$  = carga máxima (N);  $L$  = distância entre os apoios (mm);  $b$  = largura do corpo de prova (mm) e  $h$  = altura do corpo de prova (mm).

De acordo com o gráfico de carga vs. deslocamento obtido para cada corpo-de-prova, valores compreendidos na porção linear foram utilizados para o cálculo do módulo de elasticidade em flexão, segundo a fórmula:

$$M_f = \frac{C \times L^3}{4 \times b \times h^3 \times d} \times 10^{-3}$$

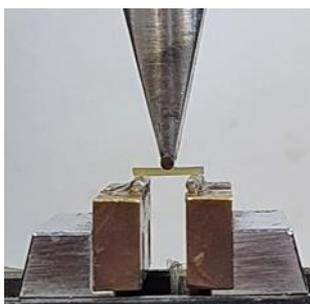
Onde  $M_f$  é o módulo de elasticidade em flexão (GPa),  $C$  é a carga registrada durante o regime elástico (N),  $L$  é a distância entre apoios (mm);  $b$  é a largura do corpo de prova (mm),  $h$  é a altura do corpo-de-prova (mm) e  $d$  é a deflexão correspondente à carga  $C$ .



A



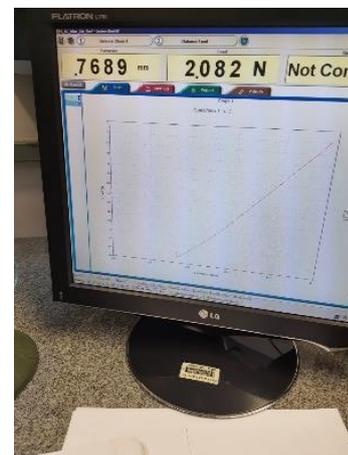
B



C



D



E

Figura 7: (A) Matriz bipartida com o espécime; (B) Máquina universal de ensaios (Instron 5565); (C) Espécime posicionado; (D) Momento da fratura (foto cedida Brandt,WC); (E) Porção Linear do Gráfico.

Após o ensaio de flexão, três fragmentos de cada material foram coletados e a microdureza Knoop foi mensurada (Shimadzu Corp.Tokyo, Japan). Foram analisadas 10 indentações em cada corpo-de-prova, aplicando uma carga de 25g por 30s.

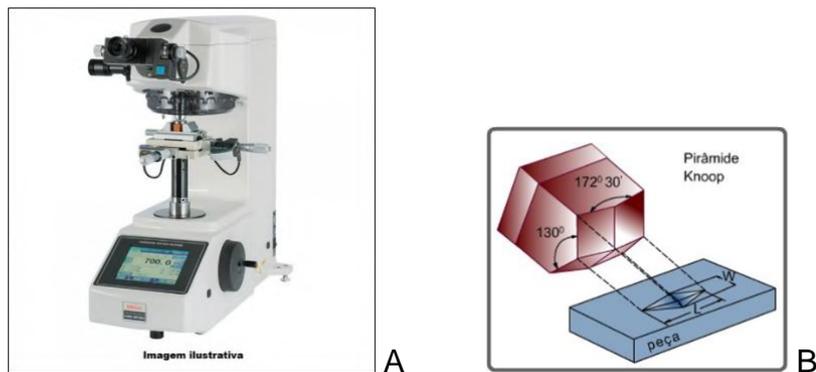


Figura 8: (A) Durômetro; (B) Indentador Knoop.

#### **4.4 Análise Estatística**

Os dados de resistência a flexão, módulo de elasticidade e dureza foram analisados utilizando ANOVA de fator único (compósito) e teste de tukey para cada um dos períodos de avaliação. Os dados de grau de conversão, sorção e solubilidade foram avaliados com o teste não-paramétrico Kruskal-Wallis. Em todos os testes o nível global de significância foi de 5%.

## 5 RESULTADOS

Os dados de grau de conversão estão apresentados na tabela 2. Não houve diferença estatística entre os valores de grau de conversão para os compósitos avaliados.

Tabela 2 — Média (desvio-padrão) para os dados de grau de conversão (%) avaliados 24 horas após a fotoativação.

Compósito	24 horas
Filtek Universal	71 (21,4) A
Filtek One Bulk-fill	79 (10,2) A
Tetric N-Ceram	40 (28,8) A
Tetric Bulk-fill	63 (24,8) A
Aura Bulk-fill	48 (3,5) A

Os dados de sorção e solubilidade estão apresentados na tabela 3. Não houve diferença estatística entre os grupos tanto para os dados de sorção, quanto para os dados de solubilidade. Para todos os compósitos os valores ficaram dentro do que a normativa ISO 4049 preconiza e considera como aceitável.

Tabela 3 — Média (desvio-padrão) para os dados de sorção ( $\mu\text{l}/\text{mm}^3$ ) e solubilidade ( $\mu\text{l}/\text{mm}^3$ ).

Compósito	Sorção	Solubilidade
Filtek Universal	-0,0006 (0,0027) A	0,0007 (0,0027) A
Filtek One Bulk-fill	0,0006 (0,0026) A	0,0048 (0,0050) A
Tetric N-Ceram	0,0001 (0,0007) A	0,0001 (0,0007) A
Tetric Bulk-fill	0,0001 (0,0001) A	-0,0001 (0,0001) A
Aura Bulk-fill	-0,0023 (0,0020) A	0,0023 (0,0021) A

Os dados de resistência a flexão estão apresentados na tabela 4. A análise estatística mostrou que o compósito Filtek Universal e Filtek One Bulk-Fill apresentaram valores semelhantes entre si, e sempre estatisticamente maiores que os demais, em todos os períodos analisados. Quando comparamos os dados de 24 e 48 horas, após o envelhecimento acelerado, ou seja, após o armazenamento em álcool, houve uma diminuição dos valores de resistência a flexão, esta redução variou entre 27 a 58%.

Tabela 4 — Média (desvio-padrão) para os dados de resistência à flexão (MPa) 24 e 48 horas após a fotoativação. Na mesma coluna, médias seguidas pela mesma letra apresentam semelhança estatística ( $p>0,05$ ).

Compósito	24 horas*	48 horas**	Redução 24-48
Filtek Unuversal	217,8 (48,0) A	149,8 (28,1) A	31
Filtek One Bulk-fill	222,6 (45,1) A	163,1 (49,5) A	27
Tetric N-Ceram	155,8 (26,2) B	76,0 (22,6) B	51
Tetric Bulk-fill	136,2 (39,0) B	68,1 (14,4) B	50
Aura Bulk-fill	145,4 (30,6) B	61,6 (20,1) B	58

\* armazenamento por 24 horas a seco no escuro

\*\*armazenamento por 24 horas a seco, seguidos de 24 horas de armazenamento em álcool.

Os dados de módulo de elasticidade estão apresentados na tabela 5. Após 24 horas de armazenamento os valores foram semelhantes entre si. Após o envelhecimento acelerado, ou seja, após o armazenamento em álcool, houve uma diminuição dos valores de módulo de elasticidade entre 43 e 69%. Os compósitos Filtek Universal e Filtek One Bulk fill foram estatisticamente semelhantes entre si, e estatisticamente maiores que os demais, além disso apresentaram as menores porcentagens de redução do módulo 43 e 54% respectivamente.

Tabela 5 — Média (desvio-padrão) para os dados de módulo de elasticidade (GPa) 24 e 48 horas após a fotoativação. A redução em porcentagem (%) do módulo de elasticidade foi calculada entre os dois períodos de armazenamento. Na mesma coluna, médias seguidas pela mesma letra apresentam semelhança estatística ( $p>0,05$ ).

Compósito	24 horas*	48 horas**	Redução 24-48
Filtek Universal	14,2 (4,9) A	8,1 (1,3) A	43
Filtek One Bulk-fill	15,1 (3,7) A	6,9 (1,4) A	54
Tetric N-Ceram	12,9 (2,4) A	4,0 (1,2) B	69
Tetric Bulk-fill	12,9 (3,1) A	4,3 (1,2) B	67
Aura Bulk-fill	11,6 (2,0) A	4,6 (1,3) B	60

\* armazenamento por 24 horas a seco no escuro

\*\*armazenamento por 24 horas a seco, seguidos de 24 horas de armazenamento em álcool.

Os dados de microdureza Knoop estão apresentados na tabela 6. A microdureza 24 horas após a fotoativação apresentou dois subgrupos estatísticos, com maiores valores (Filtek Universal, Filtek One Bulk-fill e Tetric Bulk-fill) e menores valores (Tetric e Aura Bulk-fill). Após o envelhecimento acelerado, ou seja, após o armazenamento em álcool, houve uma diminuição dos valores de microdureza entre 14 e 52%. O compósito que apresentou menor redução da dureza foi o compósito Filtek One Bulk-fill (14%), e o com maior redução o compósito Tetric Bulk-fill (52%).

Tabela 6 — Média (desvio-padrão) para os dados de microdureza Knoop 24 e 48 horas após a fotoativação. A redução em porcentagem (%) da microdureza foi calculada entre os dois períodos de armazenamento. Na mesma coluna, médias seguidas pela mesma letra apresentam semelhança estatística ( $p>0,05$ ).

Compósito	24 horas*	48 horas**	Redução 24-48
Filtek Universal	31 (3,0) A	25 (1,7) B	19
Filtek One Bulk-fill	35 (1,9) A	30 (2,1) A	14
Tetric N-Ceram	22 (3,4) B	15 (1,4) C	32
Tetric Bulk-fill	33 (3,4) A	16 (0,7) C	52
Aura Bulk-fill	23 (2,2) B	17 (1,5) C	26

\* armazenamento por 24 horas a seco no escuro

\*\*armazenamento por 24 horas a seco, seguidos de 24 horas de armazenamento em álcool.

## 6 DISCUSSÃO

Neste estudo *in vitro* podemos observar que a nossa hipótese nula testada foi parcialmente rejeitada. A análise dos testes verificou-se que, nenhum dos compósitos apresentaram alteração em relação ao grau de conversão, porém após o envelhecimento somente as resinas Filtek Universal e Filtek One Bulk fill mantiveram uma uniformidade nos resultados mantendo as características das suas propriedades físicas superior às encontradas nos outros compósitos.

Atualmente, as resinas compostas Bulk-fill são os materiais de escolha em restaurações dentárias diretas em dentes posteriores com cavidades profundas. Eles possuem menor contração pós-gel e maior reatividade à polimerização à luz do que a maioria dos compósitos convencionais, como resultado de sua maior translucidez, melhorando a penetração da luz e a profundidade de polimerização, devido também a mudanças nos sistemas fotoiniciadores (OLIVEIRA *et al.* 2015), e de fatores relacionados à fotoativação, como a lâmpada de polimerização (SILVA *et al.* 2011; WANG *et al.* 2021). Os recursos mencionados acima permitem a colocação de incrementos de 4 a 5 mm de espessura do material, diminuindo o tempo do procedimento clínico e facilitando o manuseio (FARAHAT *et al.* 2016). Devido aos seus diferentes usos clínicos, os compósitos bulk-fill podem ser categorizados como resina de base, como preenchimento interno de cavidades ou resina Bulk-fill de corpo inteiro, como material restaurador único (VAN ENDE *et al.* 2017).

Apesar de diversos materiais com diferentes viscosidades e características de manuseio serem comumente classificados como resinas compostas bulk-fill, suas propriedades podem mudar consideravelmente, principalmente devido a modificações na matriz orgânica, com a incorporação de monômeros de maior peso molecular, bem como alterações na carga, conteúdo e incorporação de aliviadores de tensão (TAUBÖCK *et al.* 2018; GONÇALVES *et al.* 2018). Podemos constatar neste estudo, que as características relacionadas a composição da matriz orgânica de cada compósito, podem ter influenciado na resposta dos materiais avaliados, pois após o envelhecimento, a resistência a flexão, módulo de elasticidade e microdureza Knopp foram fortemente afetados nos compósitos Tetric, Tettric Bulk Fill e Aura Bulk Fill,

apresentando um desempenho inferior as taxas obtidas pelos compósitos da 3M ESPE, Filtek Universal e Filtek One Bulk fill.

As resinas Bulk Fill estão sendo utilizadas para restaurações principalmente de classe I e classe II e diminui em média 20% do tempo de trabalho para restaurações deste tipo (VIANNA-DE-PINHO *et al.* 2017; ARBILDO-VEJA *et al.* 2020). Pesquisas clínicas já realizaram acompanhamento de restaurações realizadas com este material e afirmam que as resinas bulk fill são boas substitutas para o amálgama ou para as resinas compostas tradicionais, após acompanhamento de 5 anos. (VAN DIJKEN *et al.* 2016). A interpretação dos dados demonstrou que não houve alterações consideráveis sobre as propriedades físicas entre as resinas Filtek Universal e Filtek One Bulk Fill (3M ESPE, EUA), que foram superiores aos outros compósitos avaliados, o que corrobora que não seja a característica relacionada da forma de inserção do material na cavidade em camadas incrementais ou bloco único, que tenha influência sobre os resultados, e sim a formulação química de cada marca.

Com a evolução dos compósitos Bulk Fill a matriz orgânica foi completamente modificada para reduzir o estresse de polimerização. (ABBASI *et al.* 2018; RIZZANTE *et al.* 2019) Monômeros de peso molecular muito alto com poucos sítios reativos, como dimetacrilato de uretano aromático de alto peso molecular (AUDMA), ou monômeros cujas ligações intramoleculares fracas quebram em alta tensão monômeros de adição fragmentação tem sido usados, ambos os monômeros são encontrados em Filtek One Bulk Fill (3M, EUA). A utilização de monômeros de resina de baixa retração em compósitos de resina bulk-fill parece ser benéfico para reduzir a contração volumétrica de polimerização com o aumento no grau de conversão. O aumento da carga em compósitos bulk-fill de baixa contração teve um efeito positivo na redução da contração volumétrica de polimerização, enquanto seu efeito no grau de conversão foi dependente do material (SALEM *et al.* 2019). Neste estudo, para o grau de conversão não houve diferença estatística entre os cinco compósitos analisados, apesar das diferentes formulações apresentadas pelos diferentes fabricantes. Tomamos o cuidado para seleção dos materiais que tanto as resinas Bulk Fill, quanto as resinas convencionais fossem da cor A2 ou equivalente, para não haver influência da cor no tempo de polimerização das resinas

convencionais, já que para as resinas Bulk Fill não há esta interferência, devido suas características como o tipo de carga e maior translucidez.

Boaro *et al.* (2019) verificaram por meio de uma metanálise que os materiais bulk-fill apresentaram maior conversão do que os materiais convencionais com qualquer espessura em materiais com viscosidade regular, e em espessura maior que 2 mm para materiais fluidos. O grau de conversão afetou diretamente as características físicas e mecânicas da resina composta, influenciando na durabilidade da restauração, vários estudos relataram variações no desempenho dos materiais Bulk-fill, dependendo da marca e das condições de polimerização dos materiais (PAR *et al.* 2015; ALSHALI *et al.* 2013). Assim, novas resinas Bulk Fill apresentam novas tecnologias, como sistemas iniciadores e monômeros específicos, componentes orgânicos e inorgânicos capazes de absorver tensões, e outras apenas balancearam componentes que já eram comumente empregados (ALSHALI *et al.* 2015). Pelas diferentes performances dos compósitos avaliados neste estudo, após o envelhecimento em Etanol, o quanto cada fabricante alterou a formulação do compósito está protegido por seus respectivos registros de patentes que impedem uma discussão mais específica e profunda sobre esse determinado assunto.

Marovic *et al.* (2022) em um estudo *in vitro*, avaliaram que uma nova geração de compósitos de resina Bulk-Fill de alta viscosidade tem o potencial de resistir a danos mecânicos devido ao envelhecimento. Os materiais bulk-fill de baixa viscosidade eram menos resistentes ao envelhecimento artificial em água e etanol e deveriam ser cobertos com uma camada superior de um material de alta viscosidade. Após testes para análise das propriedades mecânicas, envolvendo o grau de conversão, sorção e solubilidade demonstraram que as resinas bulk fill de última geração possuem melhoras significativas em relação as suas antecessoras. Hayashi *et al.* (2020) também encontrou alto grau de conversão melhorando a integridade estrutural em resinas bulk fill de última geração. Semelhante aos resultados por nós encontrado, que o compósito Filtek One Bulk Fill apresentou melhores resultados após o envelhecimento em comparação a todos os outros materiais estudados, demonstrando maior integridade estrutural após os testes mecânicos.

Os resultados obtidos neste estudo após ensaios *in vitro* para análise do Grau de Conversão através do aparelho de espectroscopia de infravermelho FTIR que foram apresentados na tabela 2, não apresentaram diferença estatística entre os cinco compósitos analisados, dois convencionais e três Bulk Fill. Na tabela 3 vemos que também não houve diferença estatística entre os compósitos analisados sobre os índices de sorção e solubilidade após os testes e pesagem nos três momentos analisados de acordo com a ISO 4049/2019. Portanto, devemos nos atentar que não somente características como Grau de conversão, Sorção e Solubilidade, devem servir de referência para análise das diferenças entre as propriedades físicas das resinas Convencionais e Bulk Fill. O grau de conversão é um parâmetro chave para análise das resinas, uma vez que tais resinas oferecem o grau de conversão otimizado por diversas estratégias na manufatura do material como translucidez, fotoiniciadores, índice de refração e tamanho de partículas (VAN ENDE *et al.* 2017) sendo, portanto, primordial para que outras propriedades possam ser eficientemente estabelecidas. Mesmo apresentando o mesmo Grau de Conversão e os mesmos valores de sorção e solubilidade o compósito Filtek One Bulk Fill apresentou uma menor diminuição das propriedades mecânicas avaliadas após envelhecimento acelerado, o que sugere que este material tem uma matriz polimérica reticulada menos susceptível a degradação.

A penetração de água em compósitos dentários pode causar degradação hidrolítica da camada de silano e da matriz polimérica, seguida de descolamento de partículas de carga. A matriz de resina intumescce e torna-se plastificada após exposição à água. A quantidade de sorção de água depende do volume livre de orifícios de equilíbrio disponível e da hidrofiliçidade dos monômeros da resina. (SIDERIDOU *et al.* 2003) O declínio das propriedades mecânicas é considerável (CURTIS *et al.* 2008), comportamento verificado neste estudo, após degradação causada pelo Etanol.

No presente estudo a resistência a flexão medida após a polimerização foi numericamente maior do que as medidas após 24 e 48 horas após o envelhecimento, porém não havendo tanta alteração de 24 para 48 horas, de forma geral para todos os compósitos analisados. A partir da interpretação dos dados apresentados na tabela 4, contata-se diferença estatisticamente

significante entre os compósitos avaliados, em que as resinas Filtek Universal e Filtek One Bulk Fill mostraram resultados uniformes entre elas e numericamente maiores do que as outras em todos os períodos avaliados. Dessa forma, os compósitos da 3M ESPE, apresentaram resultados superiores com relação as outras marcas e as mais importantes não havendo diferença entre a Filtek Universal e a Filtek One Bulk Fill, que vem a ser uma grande vantagem para a utilização da resina tipo Bulk Fill, conforme todas as características descritas inerentes a sua utilização.

No entanto, a exposição à água por si só não é suficiente para simular condições clínicas. A termociclagem ou a simples imersão em álcool são frequentemente usadas para acelerar o envelhecimento em condições de laboratório. Solventes orgânicos, em particular soluções à base de etanol, induzem a rápida degradação das propriedades mecânicas (RANDOLPH *et al.* 2016). O etanol como solvente polar possui um parâmetro de solubilidade semelhante à maioria dos polímeros odontológicos, o que facilita seu ingresso na rede polimérica (FERRACANE *et al.* 2006). Conseqüentemente, ocorre inchamento e amolecimento da rede polimérica, bem como hidrólise acelerada do agente de acoplamento silano (SZCZESIC-WLODARCZYK *et al.* 2020), além de enfraquecer a integridade das resinas compostas. Em contraste, a permeabilidade ao etanol é reduzida em redes poliméricas altamente reticuladas (SIDERIDOU *et al.* 2007). Assim, a imersão em etanol é um meio simples de antecipar o comportamento clínico a longo prazo do material. Na tabela 5, o Módulo de Elasticidade foi mensurado após a análise nos dois momentos avaliados; após 24h de armazenamento e 48h do envelhecimento acelerado, mostraram que 24h após a polimerização todos os compósitos foram numericamente semelhantes. Ocorreu uma grande diminuição nos índices após o envelhecimento acelerado de todos os compósitos, havendo diferença estatística entre os grupos. A Filtek Universal e a Filtek One Bulk Fill foram estatisticamente melhores do que os outros compósitos, apresentando a menor redução das propriedades mecânicas.

Constatamos através da análise dos resultados deste estudo que o tipo da composição da resina composta, assim como o meio de armazenamento e o envelhecimento influenciaram nas propriedades físicas e mecânicas dos

compósitos resinosos. Assim como verificado em outros estudos, a concentração de carga também mostrou efeitos significativos na tenacidade à fratura das resinas compostas, porém Asadian *et al.* (2021) diz parecer que o desgaste e a rugosidade superficial dos compósitos bulk-fill estão dentro da faixa aceitável e não são diferentes daqueles de um compósito convencional. Já a sorção e solubilidade de água, reatividade superficial e reação de presa são considerados os fatores que influenciam na suscetibilidade da cor do material dentário. Jafarpour *et al.* (2022) após 60 dias, as mudanças de cor de todas as resinas compostas utilizadas eram clinicamente invisíveis. Especula-se que cada material deve ser utilizado para uma necessidade clínica específica com base em suas propriedades, esse achado demonstra uma correlação, onde o grupo com maior quantidade de partículas de carga também apresentou maior estabilidade de cor após 7 dias de imersão em café (ESPINOLA-CASTRO *et al.* 2020).

Segundo Nayer em (2018), testando desgaste e microdureza, descobriram que as resinas bulk fill de consistência regular tem microdureza comparável às resinas convencionais e apresentam alteração mínima na rugosidade da superfície com o desgaste. Em nossa avaliação da Microdureza Knoop, conforme os dados apresentados na Tabela 6 os compósitos Bulf Fill foram inicialmente estatisticamente semelhantes entre si e superiores aos demais, no entanto após o envelhecimento, apenas o compósito Filtek One Bulk Fill permaneceu com dureza estatisticamente superior aos demais, o que demonstra uma maior estabilidade deste material ao longo do tempo, e maior resistência a degradação. Diferente de Ilie (2014), em que todas as resinas fluidas apresentaram microdureza estatisticamente inferior as resinas regulares do mesmo fabricante.

Revisões sistemáticas afirmam que os compósitos bulk-fill são materiais inovadores para a odontologia conservadora e podem ser usados para reduzir as etapas do tratamento e a duração dos tempos operatórios (BELLINASSO *et al.* 2019). As resinas compostas bulk-fill podem ser uma alternativa para restaurações diretas em dentes posteriores, por possuírem desempenhos clínicos semelhantes de resinas compostas convencionais (VELOSO *et al.* 2019; Zotti *et al.* (2021) diz que não há dados suficientes para explorar a relação

entre compósitos bulk-fill e microinfiltração, porém, Gerula-Szymańska *et al.* (2020) não encontrou diferenças com relação à integridade marginal entre os compósitos bulk fill fluidos e condensáveis quando usado para a restauração de cavidades classe II. Novos estudos continuam sendo necessários afim de apurar todas as características destes materiais.

## 7 CONCLUSÃO

Nem todos os compósitos Bulk Fill foram estatisticamente iguais aos convencionais, apenas o compósito Filtek One Bulk Fill foi superior aos demais, e estatisticamente semelhante ao compósito convencional de mesma marca (Filtek Universal) tanto para Resistência a Flexão quanto para o módulo de Elasticidade. Para a dureza os compósitos Bulk Fill foram inicialmente estatisticamente semelhantes entre si e superiores aos demais, no entanto após o envelhecimento, apenas o compósito Filtek One Bulk Fill permaneceu com dureza estatisticamente superior aos demais. Mesmo apresentando o grau de conversão, sorção e solubilidade estatisticamente semelhantes entre todos os compósitos, o compósito Filtek One Bulk Fill apresentou uma menor diminuição das propriedades mecânicas avaliadas após envelhecimento acelerado, o que sugere que este material tem uma matriz polimérica menos susceptível a degradação.

## REFERÊNCIAS

Abbasi M, Moradi Z, Mirzaei M, Kharazifard MJ, Rezaei S. Polymerization Shrinkage of Five Bulk-Fill Composite Resins in Comparison with a Conventional Composite Resin. **J Dent (Tehran)**. 2018 Nov;15(6):365-374. PMID: 30842797; PMCID: PMC6399456. [PubMed Central](#)

Al Sunbul H, Silikas N, Watts DC. Polymerization shrinkage kinetics and shrinkage-stress in dental resin-composites. **Dent Mater**. 2016. August; 32(8): 998– 1006. [PubMed](#) [Google Scholar](#)

Alrahlah A, Silikas N, Watts DC. Post-cure depth of cure of bulk fill dental resin-composites. **Dent Mater**. 2014. February; 30(2): 149–54. [PubMed](#) [Google Scholar](#)

Alshali RZ, Salim NA, Satterthwaite JD, Silikas N. Post-irradiation hardness development, chemical softening, and thermal stability of bulk-fill and conventional resin-composites. **J Dent**. 2015 Feb;43(2):209-18. doi: 10.1016/j.jdent.2014.12.004. Epub 2014 Dec 13. PMID: 25511301.

Alshali RZ, Silikas N, Satterthwaite JD. Degree of conversion of bulk-fill compared to conventional resin-composites at two time intervals. **Dent Mater**. 2013 Sep;29(9):e213-7. doi: 10.1016/j.dental.2013.05.011. Epub 2013 Jul 8. PMID: 23845799. [PubMed](#) [Google Scholar](#)

Arbildo-Vega HI, Lapinska B, Panda S, Lamas-Lara C, Khan AS, Lukomska-Szymanska M. Clinical Effectiveness of Bulk-Fill and Conventional Resin Composite Restorations: Systematic Review and Meta-Analysis. **Polymers (Basel)**. 2020;12(8):1786. Published 2020 Aug 10. doi:10.3390/polym12081786 [PubMed Central](#)

Asadian F, Shahidi Z, Moradi Z. Evaluation of Wear Properties of Four Bulk-Fill Composites: Attrition, Erosion, and Abrasion. **Biomed Res Int**. 2021 Nov 12;2021:8649616. doi: 10.1155/2021/8649616. PMID: 34805405; PMCID: PMC8604596. [PubMed Central](#)

Bellinaso MD, Soares FZM, Rocha RO. Do bulk-fill resins decrease the restorative time in posterior teeth? A systematic review and meta-analysis of in vitro studies. **J Investig Clin Dent**. 2019 Nov;10(4):e12463. doi: 10.1111/jicd.12463. Epub 2019 Sep 27. PMID: 31560449.

Boaro LC, Pereira Lopes D, de Souza ASC, Lie Nakano E, Ayala Perez MD, Pfeifer CS, Gonçalves F. Clinical performance and chemical-physical properties of bulk fill composites resin -a systematic review and meta-analysis. **Dent Mater**. 2019 Oct;35(10):e249-e264. doi: 10.1016/j.dental.2019.07.007. Epub 2019 Aug 14. PMID: 31421957.

Bouschlicher MR, Rueggeberg FA, Wilson BM. Correlation of bottom-to-top surface microhardness and conversion ratios for a variety of resin composite compositions. **Oper Dent**. 2004; 29:698-704. [PubMed](#) [Google Scholar](#)

Curtis A.R., Shortall A.C., Marquis P.M., Palin W.M. Water uptake and strength characteristics of a nanofilled resin-based composite. **J. Dent.** 2008;36:186–193. doi: 10.1016/j.jdent.2007.11.015. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

de Oliveira DC, Rocha MG, Gatti A, Correr AB, Ferracane JL, Sinhoret MA. Effect of different photoinitiators and reducing agents on cure efficiency and color stability of resin-based composites using different LED wavelengths. **J Dent.** 2015 Dec;43(12):1565-72. doi: 10.1016/j.jdent.2015.08.015. Epub 2015 Sep 3. PMID: 26343422.

Espíndola-Castro LF, Durão MA, Pereira TV, Cordeiro AB, Monteiro GM. Evaluation of microhardness, sorption, solubility, and color stability of bulk fill resins: A comparative study. **J Clin Exp Dent.** 2020 Nov 1;12(11):e1033-e1038. doi: 10.4317/jced.57599. PMID: 33262868; PMCID: PMC7680569. [[PubMed Central](#)]

Farahat F, Daneshkazemi A, Hajiahmadi Z. The Effect of Bulk Depth and Irradiation Time on the Surface Hardness and Degree of Cure of Bulk-Fill Composites. **J Dent Biomater.** 2016 Sep;3(3):284-291. PMID: 28959755; PMCID: PMC5608064.. [[PubReader](#)]

Ferracane J.L. Hygroscopic and hydrolytic effects in dental polymer networks. **Dent. Mater.** 2006;22:211–222. doi: 10.1016/j.dental.2005.05.005. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

Ferracane JL. Resin composite—state of the art. **Dent. Mater.** 2011;27:29–38. doi: 10.1016/j.dental.2010.10.020. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

Flury S, Hayoz S, Peutzfeldt A, et al. Depth of cure of resin composites: are the ISO 4049 method suitable for bulk fill materials. **Dent Mater.** 2012;28:521–528. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]

Garcia D, Yaman P, Dennison J, Neiva G. Polymerization shrinkage and depth of cure of bulk fill flowable composite resins. **Oper Dent.** 2014. Jul-Aug; 39(4): 441– 8. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]

Gerula-Szymańska A, Kaczor K, Lewusz-Butkiewicz K, Nowicka A. Marginal integrity of flowable and packable bulk fill materials used for class II restorations -A systematic review and meta-analysis of in vitro studies. **Dent Mater J.** 2020 Jun 5;39(3):335-344. doi: 10.4012/dmj.2018-180. Epub 2020 Jan 11. PMID: 31932546.

Gonçalves F, Campos LM, Rodrigues-Júnior EC, Costa FV, Marques PA, Francci CE, et al. A comparative study of bulk-fill composites: degree of conversion, post-gel shrinkage and cytotoxicity. **Braz Oral Res.** 2018;32:e17. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]

Hayashi J, Tagami J, Chan D, Sadr A. New bulk-fill composite system with high irradiance light polymerization: Integrity and degree of conversion. **Dent Mater.** 2020 Dec;36(12):1615-1623. doi: 10.1016/j.dental.2020.10.012. Epub 2020 Nov 6. PMID: 33168226.

Hofmann N, Renner J, Hugo B, Klaiber B. Elution of leachable components from resin composites after plasma arc vs. standard or soft-start halogen light irradiation. **J Dent.** 2002;30:223–32. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]

Ilie N, Bucuta S, Draenert M. Bulk fill resin based composites: an in vitro assessment of their mechanical performance. **Oper Dent.** 2013;38:618–625. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]

Ilie N, Schöner C, Bücher K, Hickel R. An in-vitro assessment of the shear bond strength of bulk-fill resin composites to permanent and deciduous teeth. **J Dent.** 2014 Jul;42(7):850-5. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)] <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2014.03.013>

International Organization for Standardization, Technical Committee. ISO/TC 106/SC 1. Dentistry-polymer-based restorative materials (ISO 4049). 4th ed. Geneva: ISO; 2009

Jafarpour D, Ferooz R, Ferooz M, Bagheri R. Physical and Mechanical Properties of Bulk-Fill, Conventional, and Flowable Resin Composites Stored Dry and Wet. **Int J Dent.** 2022 Feb 10;2022:7946239. doi: 10.1155/2022/7946239. PMID: 35186087; PMCID: PMC8853813. [[PubMed Central](#)]

Kim EH, Jung KH, Son SA, Hur B, Kwon YH, Park JK. Effect of resin thickness on the microhardness and optical properties of bulk-fill resin composites. **Restor Dent Endod.** 2015 May;40(2):128-35. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)] <https://doi.org/10.5395/rde.2015.40.2.128>

Langalia A, Buch A, Khamar M, Patel P. Polymerization shrinkage of composite resins: a review. **J Med Dent Sci Res.** 2015. October; 2(10): 23– 7. [[Google Scholar](#)]

Lohbauer U, Rahiotis C, Krämer N, Petschelt A, Eliades G. The effect of different light-curing units on fatigue behavior and degree of conversion of a resin composite. **Dent Mater.** 2005;21:608–15. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]

Marovic D, Par M, Macan M, Klarić N, Plazonić I, Tarle Z. Aging-Dependent Changes in Mechanical Properties of the New Generation of Bulk-Fill Composites. **Materials (Basel).** 2022 Jan 25;15(3):902. doi: 10.3390/ma15030902. PMID: 35160848; PMCID: PMC8839328. [[PubMed Central](#)]

Nayyer M, Zahid S, Hassan SH, Mian SA, Mehmood S, Khan HA, Kaleem M, Zafar MS, Khan AS. Comparative abrasive wear resistance and surface analysis of dental resin-based materials. **Eur J Dent.** 2018 Jan-Mar;12(1):57-66. doi: 10.4103/ejd.ejd\_380\_17. PMID: 29657526; PMCID: PMC5883477. [[PubMed Central](#)]

Par M, Gamulin O, Marovic D, Klaric E, Tarle Z. Raman spectroscopic assesment of degree of conversion of bulk-fill resin composites--changes at 24 hours post cure. **Oper Dent.** 2015;40:E92–101. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]

Randolph L.D., Palin W.M., Leloup G., Leprince J.G. Filler characteristics of modern dental resin composites and their influence on physico-mechanical

properties. **Dent. Mater.** 2016;32:1586–1599. doi: 10.1016/j.dental.2016.09.034. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

Rizzante FAP, Mondelli RFL, Furuse AY, Borges AFS, Mendonça G, Ishikiriama SK. Shrinkage stress and elastic modulus assessment of bulk-fill composites. **J Appl Oral Sci.** 2019 Jan 7;27:e20180132. doi: 10.1590/1678-7757-2018-0132. PMID: 30624465; PMCID: PMC6322642. [[PubMed Central](#)]

Salem HN, Hefnawy SM, Nagi SM. Degree of Conversion and Polymerization Shrinkage of Low Shrinkage Bulk-Fill Resin Composites. **Contemp Clin Dent.** 2019 Jul-Sep;10(3):465-470. doi: 10.4103/ccd.ccd\_756\_18. PMID: 32308321; PMCID: PMC7150568. [[PubMed Central](#)]

Sideridou I., Tserki V., Papanastasiou G. Study of water sorption, solubility and modulus of elasticity of light-cured dimethacrylate-based dental resins. **Biomaterials.** 2003;24:655–665. doi: 10.1016/S0142-9612(02)00380-0. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

Sideridou I.D., Karabela M.M., Bikiaris D.N. Aging studies of light cured dimethacrylate-based dental resins and a resin composite in water or ethanol/water. **Dent. Mater.** 2007;23:1142–1149. doi: 10.1016/j.dental.2006.06.049. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

Silva EH, Albuquerque RC, Lanza LD, Vieira GC, Peixoto RT, Alvim HH, Yoshida MI. Influence of different light sources on the conversion of composite resins. **Indian J Dent Res.** 2011 Nov-Dec;22(6):790-4. doi: 10.4103/0970-9290.94670. PMID: 22484872.

Szczesio-Wlodarczyk A., Sokolowski J., Kleczewska J., Bociog K. Ageing of Dental Composites Based on Methacrylate Resins-A Critical Review of the Causes and Method of Assessment. **Polymers.** 2020;12:882. doi: 10.3390/polym12040882. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

Tarle Z, Attin T, Marovic D, et al. Influence of irradiation time on subsurface degree of conversion and microhardness of high-viscosity bulk-fill composites. **Clin Oral Investig.** 2015;19:831–840. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]

Tauböck TT, Jäger F, Attin T. Polymerization shrinkage and shrinkage force kinetics of high- and low-viscosity dimethacrylate- and ormocer-based bulk-fill resin composites. **Odontology.** 2018 doi: 10.1007/s10266-018-0369-y. Epub ahead of print. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

Van Dijken JW, Pallesen U. Posterior bulk-filled resin composite restorations: A 5-year randomized controlled clinical study. **Journal of dentistry.** 2016 Aug 1;51:29-35.

Van Ende A, De Munck J, Lise DP, Van Meerbeek B. Bulk-Fill Composites: A Review of the Current Literature. **J Adhes Dent.** 2017;19(2):95-109. doi: 10.3290/j.ad.a38141. PMID: 28443833. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

Veloso SRM, Lemos CAA, de Moraes SLD, do Egito Vasconcelos BC, Pellizzer EP, de Melo Monteiro GQ. Clinical performance of bulk-fill and conventional resin composite restorations in posterior teeth: a systematic review and meta-analysis. **Clin Oral Investig**. 2019 Jan;23(1):221-233. doi: 10.1007/s00784-018-2429-7. Epub 2018 Mar 28. PMID: 29594349.

Vianna-de-Pinho MG, Rego GF, Vidal ML, Alonso RCB, Schneider LFJ, Cavalcante LM. Clinical Time Required and Internal Adaptation in Cavities restored with Bulk-fill Composites. **J Contemp Dent Pract**. 2017 Dec 1;18(12):1107-1111. doi: 10.5005/jp-journals-10024-2184. PMID: 29208783.

Villarroel M, Fahl N, De Sousa AM, De Oliveira Jr OB. Direct esthetic restorations based on translucency and opacity of composite resins. **J Esthet Restor Dent** 2011;23:73–87 [ [PubMed](#) ] [ [Google Acadêmico](#) ]

Wang WJ, Grymak A, Waddell JN, Choi JJE. The effect of light curing intensity on bulk-fill composite resins: heat generation and chemomechanical properties. **Biomater Investig Dent**. 2021 Sep 29;8(1):137-151. doi: 10.1080/26415275.2021.1979981. PMID: 34622209; PMCID: PMC8491722. [PubMed Central](#)

Zotti F, Falavigna E, Capocasale G, De Santis D, Albanese M. Microleakage of Direct Restorations-Comparison between Bulk-Fill and Traditional Composite Resins: Systematic Review and Meta-Analysis. **Eur J Dent**. 2021 Oct;15(4):755-767. doi: 10.1055/s-0041-1724155. Epub 2021 Aug 27. PMID: 34450679; PMCID: PMC8630972. [ [PubMed Central](#) ].