



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA**

LUCAS DE ALMEIDA MAIA CARVALHO

**INFLUÊNCIA DE PRÉ-AQUECIMENTO NAS PROPRIEDADES
MECÂNICAS DE COMPÓSITOS RESTAURADORES DO TIPO
BULK FILL**

PIRACICABA

2020

LUCAS DE ALMEIDA MAIA CARVALHO

**INFLUÊNCIA DE PRÉ-AQUECIMENTO NAS PROPRIEDADES
MECÂNICAS DE COMPÓSITOS RESTAURADORES DO TIPO
BULK FILL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Odontologia de Piracicaba da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de Cirurgião Dentista.

Orientador: Prof. Dr. Mário Alexandre Coelho Sinhoreti

Co-orientadora: MSc. Aila Maria Cipriano Leal

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO APRESENTADO PELO ALUNO LUCAS DE ALMEIDA MAIA CARVALHO E ORIENTADO PELO PROF. DR. MÁRIO ALEXANDRE COELHO SINHORETI.

PIRACICABA

2020

FICHA CATALOGRÁFICA

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Faculdade de Odontologia de Piracicaba
Marilene Girello - CRB 8/6159

C253i Carvalho, Lucas de Almeida Maia, 1996-
Influência de pré-aquecimento nas propriedades mecânicas de compósitos restauradores do tipo bulk fill / Lucas de Almeida Maia Carvalho. – Piracicaba, SP : [s.n.], 2020.

Orientador: Mário Alexandre Coelho Sinhoreti.

Coorientador: Aila Maria Cipriano Leal.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba.

1. Resinas compostas. 2. Aquecimento. 3. Mecânica. I. Sinhoreti, Mário Alexandre Coelho, 1969-. II. Leal, Aila Maria Cipriano, 1994-. III. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Odontologia de Piracicaba. IV. Título.

Informações adicionais, complementares

Título em outro idioma: Influence of preheating on the mechanical properties of bulk fill restorative composites

Palavras-chave em inglês:

Composite resins

Heating

Mechanics

Titulação: Cirurgião-Dentista

Data de entrega do trabalho definitivo: 27-11-2020

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho à minha família, que sempre contribuiu muito com a minha bagagem de conhecimentos. Vocês foram responsáveis pela maior herança da minha vida: meus estudos. Amo vocês incondicionalmente.

AGRADECIMENTOS

Estudar em uma universidade pública sempre foi um sonho e estudar na UNICAMP era utopia. Hoje estou aqui prestes a me formar como Cirurgião Dentista na melhor universidade do país e tenho muito a agradecer às pessoas que foram essenciais nessa caminhada.

O presente trabalho foi realizado com apoio do Serviço de Apoio ao Estudante (SAE). Agradeço enormemente a esse serviço por todas as bolsas a mim destinadas, sem isso a minha graduação não seria possível.

Agradeço a minha família, em especial aos meus pais Erasmo de Oliveira Junior e Luciana Regina de Almeida, e minhas irmãs, Bianca de Almeida Maia Carvalho e Maria Eduarda Almeida de Oliveira, que entenderam as minhas ausências e não mediram esforços para que esse sonho se tornasse realidade, sempre com muito amor e incentivos.

Meus agradecimentos aos amigos Amanda Okamoto, Ana Victória Missiatto, Bianca Arissa, Breno Forchetti, Bruno Cazotti, Fabiana Kim, Giovanna Mantovani, Guilherme Hamada, Gustavo Casaburi, Iris Godoi, Janaína Cardoso, João Pedro Marcatto, Julia Gaspar, Julia Polisel, Juliana Guarda, Leticia Sandoli, Livia Guimarães, Luiza Lourenço, Maria Luiza Svicero, Mariana Gusmão, Marília Tomaz, Nicolas Mühlegger, Pedro Ivo, Renato Misson, Tulio Mauricio e Vitória Simões, companheiros de trabalhos e irmãos na amizade que fizeram parte da minha formação e que vão continuar presentes em toda a minha vida com certeza.

Agradeço a todos os meus professores pelos ensinamentos, em especial, agradeço ao meu orientador Prof^o Dr^o Mario Alexandre Coelho Sinhoreti e a coorientadora MSc. Aila Maria Cipriano Leal, pela oportunidade e apoio na elaboração deste trabalho.

À Faculdade de Odontologia de Piracicaba, na pessoa do seu diretor Prof^o Dr^o Francisco Haiter Neto, por ser um espaço que privilegia o conhecimento e onde todas as ideias são bem recebidas. Além disso, agradeço também, a todos os meus pacientes que por mim passaram durante a graduação, sem eles nada disso seria possível.

Agradeço a Universidade Estadual de Campinas, na pessoa do seu Magnífico Reitor Prof^o Dr^o Marcelo Knobel, por sempre me mostrar que o melhor caminho para uma sociedade mais justa é através da busca do conhecimento científico. Agradeço também aos Programas que participei, os quais sempre me mantiveram motivado para que esse caminho fosse trilhado até aqui, são eles: Ciência e Artes nas Férias, Programa Institucional de

Bolsas de Iniciação Científica – Ensino Médio e o magnífico programa de inclusão denominado Programa de Formação Interdisciplinar Superior (ProFIS).

Agradeço a sociedade, que através dos impostos recolhidos do suor de todas e todos, pude realizar o maior sonho da minha vida: estudar em uma universidade pública, gratuita e de qualidade.

Por fim, sou grato a todos que de alguma forma, direta ou indiretamente, participaram da realização dessa longa jornada.

RESUMO

Compósitos resinosos do tipo bulk fill são materiais restauradores indicados para o uso em incremento único. Evidências sugerem que o pré-aquecimento de compósitos pode aumentar o grau de conversão dos monômeros e promover máxima polimerização. Este estudo *in vitro* foi realizado com objetivo de avaliar a influência de pré-aquecimento nas propriedades mecânicas de dois compósitos bulk fill, sendo as propriedades avaliadas resistência à flexão, módulo flexural, resistência coesiva e dureza Knoop. Foram utilizados os compósitos Tetric Evoceram Bulk Fill (Ivoclar Vivadent, Schann, Liechtenstein) e Filtek Bulk Fill (3M ESPE St. Paul – USA). Para cada variável testada, três grupos para cada material foram incluídos (n = 10). Entre os grupos, os dois compósitos foram utilizados em temperatura ambiente, com pré-aquecimento de 37 °C ou de 60 °C. Todas as amostras foram fotoativadas com fonte de luz LED Valo e foram submetidas aos testes de resistência flexural, teste de resistência coesiva e dureza Knoop. Após a realização dos testes, os dados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade. Análise de variância e teste de Tukey foram aplicados. Diferença estatística significativa foi observada entre os dois materiais, no entanto, não houve alteração das propriedades mecânicas após o pré-aquecimento. Concluiu-se que o pré-aquecimento não promoveu melhora significativa nas propriedades mecânicas dos compósitos bulk fill. O compósito Filtek One Bulk Fill mostrou maior resistência à flexão e menor módulo flexural em relação ao compósito Tetric EvoCeram Bulk Fill, bem como maior resistência coesiva e maior dureza Knoop.

Palavras-chave: Resina composta. Aquecimento. Mecânica.

ABSTRACT

Bulk fill resin composites are restorative materials indicated for use in a single increment. Advanced evidence that the preheating of the composite can increase the degree of conversion of the monomers and promote maximum polymerization of the composites. Thus, this *in vitro* study was carried out with the objective of evaluating the influence of preheating on the mechanical properties of two bulk composites, making the properties evaluated for flexion, flexural modulus, cohesive strength and Knoop hardness. Tetric Evoceram Bulk Fill (Ivoclar Vivadent, Schann, Liechtenstein) and Filtek Bulk Fill (3M ESPE St. Paul - USA) composites were used. For each variable tested, three groups for each material were included (n = 10). Between the groups, the two composites were used at room temperature, with preheating of 37 °C or 60 °C. All of them were photoactivated with a Valo LED light source and were subjected to flexural strength, cohesive strength and Knoop hardness tests. After performing the tests, the data obtained were obtained from the normality test. Analysis of variance and Tukey's test were admitted. The statistically significant difference was observed between the two materials, however, there was no change in the mechanical properties after preheating. It was concluded that the preheating did not improve the mechanical properties of bulk composites. The Filtek One Bulk Fill composite showed greater flexural strength and less flexural modulus compared to the Tetric EvoCeram Bulk Fill composite, as well as greater cohesive strength and greater Knoop hardness.

Key words: Composite resin. Heating. Mechanical.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Descrição dos materiais utilizados.	19
Tabela 2 -	Grupos experimentais, onde compósito 1 corresponde ao Tetric Evoceram Bulk Fill e compósito 2 ao Filtek Bulk Fill.	19
Tabela 3 -	Resistência à flexão (MPa \pm desvio padrão) dos compósitos bulk fill em diferentes temperaturas.	22
Tabela 4 -	Média dos valores de módulo flexural (GPa \pm desvio padrão) dos compósitos bulk fill em diferentes temperaturas.	22
Tabela 5 -	Média dos valores de resistência coesiva dos diferentes compósitos utilizados sob as condições de temperatura descritas em MPa.	23
Tabela 6 -	Valores de dureza dos compósitos sob as condições de temperatura descritas.	23

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Ba-Al-Si	-	Bário-Alumínio-Silício
Bis-EMA	-	Bisfenol A Glicidil Dimetacrilato Etoxilado
Bis-GMA	-	Bisfenol A Glicidil Dimetacrilato
Gpa	-	Giga Pascal
Mpa	-	Mega Pascal
UDMA	-	Uretano Dimetacrilato
Zr	-	Zircônio
µm	-	Micrômetro

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO DA LITERATURA	14
3 PROPOSIÇÃO	18
4 MATERIAL E MÉTODOS	19
4.1 MATERIAL	19
4.2 MÉTODOS	19
4.2.1 Resistência à Flexão e Módulo Flexural	20
4.2.2 Resistência Coesiva	20
4.2.3 Dureza Knoop	21
4.2.4 Análise Estatística	21
5 RESULTADOS	22
6 DISCUSSÃO	25
7 CONCLUSÃO	27
REFERÊNCIAS	28
ANEXOS	30
Anexo 1 – Verificação de originalidade e prevenção de plágio	30

1 INTRODUÇÃO

Compósitos resinosos são os materiais restauradores mais utilizados em Odontologia. Esta ampla utilização está associada às características do material, tais como baixo custo, técnica conservadora e estética adequada (Abassi et al., 2018). Nas últimas décadas, o benefício da diminuição de tempo clínico necessário para o uso de compósitos promoveu o desenvolvimento de compósitos de preenchimento único, conhecidos como compósitos bulk fill. Estes compósitos foram desenvolvidos para serem utilizados em um incremento único até 4 ou 5 mm de profundidade (Cerdeira-Rizo et al., 2019).

Os compósitos bulk fill, além de utilizados em incrementos únicos, geram menor estresse de contração de polimerização com grau de conversão adequado, de acordo com os fabricantes (Hayashi et al., 2019). Este uso em incremento único, apesar de recomendado pelos fabricantes, é preocupante em situações clínicas (Rizzante et al., 2019). Clinicamente, é necessário minimizar a contração de polimerização e tentar promover profundidade de polimerização adequada. O estresse gerado pela contração de polimerização é capaz de causar tensões dentro do material, o que pode comprometer a adesão deste ao dente (Ferracane e Hilton, 2015).

Apesar de melhorias das propriedades mecânicas dos compósitos é necessário entender porque as restaurações não apresentam maior longevidade (Ferracane e Hilton, 2015). Modificações dos materiais e das técnicas são realizadas para tentar minimizar o estresse gerado pela contração de polimerização. Entre os fatores que influenciam a reação de polimerização, há a temperatura. Além do pré-aquecimento, o aumento do tempo de fotopolimerização também é citado como um fator que pode melhorar as propriedades mecânicas dos compósitos bulk fill (Matej et al., 2019).

Evidências sugerem que o pré-aquecimento do compósito pode aumentar a fluidez deste material. Com o aumento da fluidez, o grau de conversão dos monômeros aumenta, melhorando as suas propriedades mecânicas (Holmes et al., 2004).

2 REVISÃO DA LITERATURA

Em 2008, Uctasli et al. realizaram um estudo com o objetivo de comparar a resistência à flexão e o módulo flexural de duas resinas compostas comerciais em diferentes temperaturas, antes da fotopolimerização. Para isso, uma resina composta nanohíbrida e uma microhíbrida foram utilizadas. Estes materiais foram inseridos em moldes retangulares em temperatura ambiente ou pré-aquecidos nas temperaturas de 40, 45 ou 50 °C e fotopolimerizados com protocolos padrão ou fotopolimerizados com halogênio de alta intensidade. Dez amostras foram preparadas para cada protocolo de pré-aquecimento e fotopolimerização. Um teste de flexão de três pontos foi realizado usando uma máquina de teste universal a uma velocidade de 1 mm / min. Após os testes estatísticos, os autores notaram que não houve diferença estatisticamente significativa entre as propriedades mecânicas testadas, protocolos de fotopolimerização e temperatura dos materiais. Nenhuma correlação significativa foi encontrada entre o pré-aquecimento e as propriedades mecânicas testadas. Então, os autores concluíram que as propriedades mecânicas dos materiais testados não mudaram com o pré-aquecimento, de modo que os materiais testados puderam ser pré-aquecidos devido a outras vantagens clínicas potenciais, como maior adaptação às paredes da cavidade.

Em 2015, Tauböck et al. realizaram um estudo para investigar a influência do pré-aquecimento em compósitos bulk fill de alta viscosidade no grau de conversão e na contração de polimerização. Para isso, os autores utilizaram quatro compósitos bulk fill e um compósito nanohíbrido convencional. Os materiais de teste foram mantidos em temperatura ambiente ou pré-aquecidos a 68 °C por meio de um aquecedor comercial, antes de serem fotoativados com fotopolimerizador de LED por 20s a 1170mW / cm². A contração de polimerização das amostras (n = 5) de 1,5 mm de espessura foram registradas em tempo real por 15 minutos dentro de uma câmara com temperatura controlada a 25 °C (simulando a temperatura intraoral após a aplicação do lençol de borracha) com um analisador de tensão feito sob medida. O grau de conversão foi determinado na base de amostras igualmente espessas (1,5 mm) usando espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier. Após as análises estatísticas com teste t de Student, ANOVA e Tukey os autores tiveram como conclusão que o pré-aquecimento do compósito bulk fill e dos compósitos convencionais antes da fotopolimerização diminui as forças de contração induzidas pela polimerização sem comprometer o grau de conversão dos compósitos avaliados.

Um estudo de Theobaldo et al. (2017) avaliou o efeito do pré-aquecimento do compósito e do modo de polimerização no grau de conversão, microdureza,

plastificação e profundidade de polimerização de um compósito bulk fill. Para tal, quarenta amostras em forma de disco ($n = 5$) de um compósito bulk fill foram preparadas (5×4 mm de espessura) e divididas aleatoriamente em 4 grupos de acordo com o tipo de fotopolimerização e temperatura de pré-aquecimento (23 ou 54 °C). Grupo controle foi preparado com um compósito fluido em temperatura ambiente. O grau de conversão foi determinado usando um espectrômetro infravermelho com transformada de Fourier, a dureza foi medida com um microdurômetro, a plastificação foi avaliada pela redução percentual da dureza após 24 h de armazenamento em etanol e a profundidade de polimerização foi obtida através da razão entre base / topo. Posteriormente as análises estatísticas de variância e teste de Tukey ($\alpha = 0,05$) foram realizados. Theobaldo et al. (2017) obtiveram como conclusão que o pré-aquecimento do compósito aumentou o grau de polimerização do bulk fill com incremento de 4 mm, mas levou a uma maior plastificação em comparação com o compósito fluido convencional avaliado, portanto o pré-aquecimento do compósito pode ser usado como um método eficaz para melhorar o grau de conversão.

Em 2019, Elkaffas et al. realizaram uma revisão de literatura que teve como objetivo avaliar o efeito do pré-aquecimento na dureza superficial de resinas compostas. Os autores realizaram uma busca eletrônica de artigos nas bases de dados MEDLINE / PubMed, ScienceDirect e EBSCOhost. Apenas estudos *in vitro* foram incluídos. Estudos publicados em idiomas diferentes do inglês, relatos de caso, ensaios clínicos e artigos de revisão foram excluídos e uma meta-análise dos estudos revisados foi conduzida para quantificar as diferenças na microdureza do composto de resina micro-híbrida Z250 usando o software Comprehensive Meta-Analysis. Apenas 13 estudos preencheram os critérios de inclusão para esta revisão sistemática. A meta-análise mostrou que houve diferenças significativas entre os modos não pré-aquecido e pré-aquecido para as superfícies superior e inferior das amostras ($p < 0,05$). A microdureza da resina composta Z250 na superfície superior no modo pré-aquecido ($78,1 \pm 2,9$) foi maior do que no modo não pré-aquecido ($67,4 \pm 4,0$; $p < 0,001$). Além disso, a microdureza da resina composta Z250 na superfície do fundo no modo pré-aquecido ($71,8 \pm 3,8$) foi maior do que no modo não pré-aquecido ($57,5 \pm 5,7$, $p < 0,001$). Então os autores concluíram que embora os estudos tenham mostrado grande variabilidade, estes apresentaram evidências científicas fortes para apoiar que o pré-aquecimento pode melhorar a dureza dos compósitos.

Lopes et al. (2020) realizaram uma revisão sistemática da literatura sobre a influência do pré-aquecimento e/ou aquecimento de materiais resinosos e ionoméricos

nas propriedades físicas e mecânicas dos materiais, além de discutir os benefícios e métodos de pré-aquecimento/aquecimento que são utilizados hoje. Os autores utilizaram como metodologia a busca nas bases de dados Pubmed, Scopus, Scielo e Grey Literature. Estudos *in vitro* publicados de 1980 até agora foram pesquisados usando os descritores "composite resins OR glass ionomer cements OR resin cements OR adhesives AND heating OR preheating." A extração de dados e a avaliação da qualidade do trabalho foram realizadas por dois avaliadores independentes. Ao final da leitura dos títulos e resumos da busca foram selecionados 74 artigos. Como resultado, os autores encontraram que o pré-aquecimento de resinas compostas reduz a viscosidade, facilita a adaptação às paredes da preparação da cavidade, aumenta o grau de conversão e diminui a contração de polimerização. O pré-aquecimento de cimentos resinosos melhora a resistência, a adesão e o grau de conversão. Os adesivos dentais apresentaram bons resultados, como maior resistência de união à dentina. No entanto, ao contrário dos materiais resinosos, os materiais ionoméricos têm um aumento na viscosidade com o aquecimento. Portanto, os autores concluíram que o pré-aquecimento melhora as propriedades mecânicas e físicas, porém, faltam estudos clínicos que confirmem as vantagens da técnica de pré-aquecimento.

Em 2020, Abdulmajeed et al. avaliaram o efeito da fadiga e do pré-aquecimento nas propriedades mecânicas da resina composta bulk fill em comparação à resina convencional. Como metodologia eles utilizaram cento e oitenta espécimes de Filtek One Bulk Fill Restorative (FOBR) e Filtek Supreme Ultra (FSU). Amostras foram preparadas para cada um dos seguintes testes: tenacidade à fratura, resistência à tração diametral, resistência à flexão e módulo de elasticidade. Amostras no grupo pré-aquecido foram aquecidas a 68 °C por 10 minutos e no grupo da fadiga foram feitos 600.000 ciclos térmicos. Após isto, as amostras foram testadas. O pré-aquecimento e a fadiga tiveram um efeito significativo nas propriedades de FSU e FOBR. A tenacidade à fratura aumentou para o compósito FOBR quando pré-aquecido e diminuiu quando fadiga foi realizada ($p = 0,016$). O compósito FOBR teve maior valor de tenacidade à fratura do que FSU. A resistência à tração diametral diminuiu significativamente após a fadiga para FSU ($p = 0,0001$). FOBR teve um valor basal de resistência à tração diametral inferior em comparação com FSU ($p = 0,004$). A fadiga reduziu significativamente a resistência à flexão de ambos FSU e FOBR ($p = 0,011$). O pré-aquecimento não teve efeito na resistência à flexão de FSU ou FOBR. O pré-aquecimento e a fadiga diminuíram significativamente o módulo de elasticidade de ambas as resinas compostas igualmente ($p > 0,05$). Portanto, Abdulmajeed et al. (2020) concluíram que o pré-aquecimento e a fadiga influenciaram as propriedades mecânicas

das resinas compostas, ambos os compósitos exibiram propriedades mecânicas semelhantes e o pré-aquecimento não produziu um grande efeito negativo nas propriedades mecânicas avaliadas.

3 PROPOSIÇÃO

Este estudo *in vitro* teve como objetivo avaliar a influência de pré-tratamento térmico na resistência à flexão, módulo flexural, resistência coesiva e dureza dos compósitos restauradores do tipo bulk fill.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 MATERIAL

Foram utilizados dois compósitos do tipo bulk fill o primeiro é o Tetric Evoceram Bulk Fill (Ivoclar Vivadent, Schann, Liechtenstein) e o segundo é o Filtek Bulk Fill (3M ESPE St. Paul, USA). Sendo esses apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Descrição dos materiais utilizados.

Nome	Fabricante	Classificação	Composição	Tamanho das partículas	% de Partículas de Carga (vol)
Tetric Evoceram Bulk Fill (1)	Ivoclar Vivadent, Schann, Liechtenstein	Nano-híbrido	Matriz: Bis-GMA, Bis-EMA, UDMA Partículas de carga: vidro de Ba-Al-Si, YbF, óxidos esféricos	550 nm	61%
Filtek Bulk Fill (2)	3M ESPE St. Paul, USA	Micro-híbrido	Matriz: Bis-GMA, Bis-EMA, UDMA, Procrilat Partículas de carga: Zr, Si, YbF	0,01 a 3,5 μ m (média 0,6 μ m)	42,50%

4.2 MÉTODOS

Foram utilizados três grupos correspondentes às temperaturas (n=10) para cada tipo de compósito. No total, seis grupos foram testados. Estes são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Grupos experimentais, onde compósito 1 corresponde ao Tetric Evoceram Bulk Fill e compósito 2 ao Filtek Bulk Fill.

(continua)

Grupo	Compósito	Temperatura
1	1	Temperatura ambiente
2	1	37 °C
3	1	60 °C
4	2	Temperatura ambiente

Tabela 2 - Grupos experimentais, onde compósito 1 corresponde ao Tetric Evoceram Bulk Fill e compósito 2 ao Filtek Bulk Fill.

(conclusão)

Grupo	Compósito	Temperatura
5	2	37 °C
6	2	60 °C

Os compósitos dos grupos 2, 3, 5 e 6 foram pré-aquecidos antes da fotoativação até as temperaturas descritas.

4.2.1 Resistência à Flexão e Módulo Flexural

Para análise de resistência à flexão foram utilizadas 10 amostras de cada grupo experimental. Estas amostras foram confeccionadas com auxílio de matriz de silicone por adição (Express XT, 3M ESPE, St. Paul, MN, USA). O compósito foi inserido na matriz e fita de poliéster foi colocada no topo da amostra antes da realização da fotoativação. As amostras foram fotoativadas com a fonte de luz LED Valo (Ultradent) e tiveram dimensões finais de aproximadamente 10 x 2 x 2 mm. As amostras foram armazenadas em estufa a 37 °C durante 24 h. Após isso, foram levadas à máquina de ensaio universal Instron (modelo 4411, Canton, MA, USA) para a realização do teste de flexão de 3 pontos, com distância entre os alicerces de 5 mm. O carregamento foi realizado no centro dessa distância sobre a superfície dos corpos de prova, sob velocidade de 0,5 mm/minuto, até ocorrer fratura. A resistência à flexão foi calculada em MPa usando a seguinte equação: $FS = 3FL/(2BH^2)$, onde F é a carga máxima de fratura (N); L é a distância (mm) entre os suportes; B é o comprimento (mm) das amostras; H é a altura (mm) das amostras. Durante o teste de resistência à flexão, um software presente na máquina de ensaios universal Instron (BlueHill 2) calculou o módulo flexural das amostras. O módulo foi calculado a partir da porção elástica do gráfico tensão/deformação.

4.2.2 Resistência Coesiva

Para cada grupo experimental foram utilizados 10 corpos de prova em formato de ampulheta com auxílio de matriz de borracha (Odeme, Luzerna, SC, Brasil) com dimensões padronizadas (10 mm de comprimento x 3,5 mm de largura x 1,5 mm de espessura e 1,5 mm na região de constrição). Uma fita de poliéster e uma lâmina de vidro foram colocadas no topo dos espécimes previamente ao procedimento de fotoativação. Após a fotoativação por 20s com a fonte de luz LED multiwave Valo, os

espécimes foram armazenados por 24 h em ambiente seco a 37 °C e levados à máquina de ensaio semi-universal Odeme (modelo OM-100, Luzerna, SC, Brasil) e adaptadas ao dispositivo de tração para realização do teste de resistência coesiva, a uma velocidade de 0,75 mm/min. O cálculo da resistência coesiva foi realizado por meio da fórmula: $RC = F/A$, onde, F representou a força de tração (N) e A, a área de secção transversal da amostra na região de constrição (mm²), obtendo-se valores expressos em MPa.

4.2.3 Dureza Knoop

As amostras (n=10) foram inseridas em uma matriz metálica bipartida contendo um orifício central com 6 mm de diâmetro e 4 mm de profundidade. Em seguida, uma tira de poliéster foi colocada sobre o conjunto compósito/matriz e, com o auxílio de uma lâmina de vidro, o material (aquecido ou não) foi acomodado na matriz. Foram utilizadas 10 amostras por grupo (n=10). Após a fotoativação por 20s com a fonte de luz LED multiwave Valo, a face que foi exposta a luz (topo) e também a face oposta (base) foram polidas com lixas d'água de granulação decrescente 400, 600 e 1200. Desta forma, foi possível obter uma superfície suficientemente lisa para mensurar a dureza Knoop do compósito. Após 24h em ambiente seco a 37 °C foi realizada a leitura no microdurômetro (HMV-2 – Shimadzu, Japão), sob carga de 100 gramas por 5 segundos. Cinco medidas foram obtidas e a média aritmética foi calculada para cada corpo de prova.

4.2.4 Análise Estatística

Para a análise foi considerado o fator material e/ou temperatura em que o compósito foi utilizado. Os dados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade. Análise de variância foi aplicada, seguida pelo teste de Tukey com ($\alpha = 0,05$) para a comparação das médias.

5 RESULTADOS

Tabela 3 - Resistência à flexão (MPa \pm desvio padrão) dos compósitos bulk fill em diferentes temperaturas.

	Tetric N-Ceram Bulk Fill	Filtek One Bulk Fill	Pooling mean
23 °C	102,68 \pm 22,21	131,95 \pm 23,91	117,32 \pm 0,30 a
37 °C	111,53 \pm 13,94	130,97 \pm 29,48	121,25 \pm 0,36 a
60 °C	106,61 \pm 18,04	127,73 \pm 23,61	117,17 \pm 0,26 a
Pooling mean	106,94 \pm 17,26 B	130,22 \pm 25,67 A	

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não são estatisticamente diferentes a 5%, pelo teste de Tukey.

A Tabela 3 apresenta a média dos resultados de resistência à flexão e os valores de desvio padrão observados em cada grupo.

Tabela 4 - Média dos valores de módulo flexural (GPa \pm desvio padrão) dos compósitos bulk fill em diferentes temperaturas.

	Tetric N-Ceram Bulk Fill	Filtek One Bulk Fill	Pooling mean
23 °C	1,80 \pm 0,74	1,25 \pm 0,23	1,52 \pm 0,30 a
37 °C	1,89 \pm 0,66	1,17 \pm 0,35	1,53 \pm 0,36 a
60 °C	1,51 \pm 0,29	1,53 \pm 0,71	1,52 \pm 0,26 a
Pooling mean	1,74 \pm 0,39 A	1,32 \pm 0,44 B	

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não são estatisticamente diferentes a 5%, pelo teste de Tukey.

A Tabela 4 apresenta a média dos resultados de módulo flexural e os valores de desvio padrão observados em cada grupo. A ANOVA demonstrou que o fator material foi significativo, tanto para os resultados de resistência à flexão ($p = 0,00413$) quanto para módulo flexural ($p = 0,00038$). No entanto, não houve diferença significativa entre os grupos quando a variável temperatura foi observada nos resultados de resistência à flexão ($p = 0,99906$) e módulo flexural ($p = 0,81082$). Também não houve diferença significativa quando vista a associação entre os fatores material e temperatura nos resultados de resistência à flexão ($p = 0,08038$) e módulo flexural ($p = 0,76408$).

Tabela 5 - Média dos valores de resistência coesiva dos diferentes compósitos utilizados sob as condições de temperatura descritas em MPa.

	Tetric N-Ceram Bulk Fill	Filtek One Bulk Fill	Pooling mean
23 °C	8,99 ± 1,56	15,15 ± 4,06	12,07 ± 3,01 A
37 °C	9,31 ± 1,41	14,89 ± 3,81	12,10 ± 2,54 A
60 °C	6,96 ± 2,01	13,71 ± 3,90	10,34 ± 2,94 A
Pooling mean	8,42 ± 1,78 B	14,58 ± 3,94 A	

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não são estatisticamente diferentes a 5%, pelo teste de Tukey.

A Tabela 5 descreve os dados de resistência coesiva observado nos materiais. A ANOVA indica onde foi observada diferença significativa entre os valores encontrados. Neste estudo, observou-se que para resistência coesiva houve diferença significativa quando os materiais foram comparados ($p = 0,00001$). Esta foi a única diferença significativa encontrada, os fatores variação de temperatura ($p = 0,09977$) e interação entre material e temperatura ($p = 0,77464$) não demonstram diferença significativa entre estas variáveis.

Tabela 6 - Valores de dureza dos compósitos sob as condições de temperatura descritas.

	Tetric N-Ceram Bulk Fill	Filtek One Bulk Fill	Pooling mean
23 °C	73,70 ± 10,18	85,30 ± 5,69	79,5 ± 7,21 A
37 °C	71,50 ± 7,45	83,50 ± 8,47	77,5 ± 7,77 A
60 °C	63,00 ± 4,92	79,20 ± 11,69	71,1 ± 8,52 B
Pooling mean	69,4 ± 7,36 B	82,67 ± 8,25 A	

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não são estatisticamente diferentes a 5%, pelo teste de Tukey.

A Tabela 6 descreve os dados de resistência coesiva observado nos materiais. Os resultados da ANOVA descrita na Tabela indicam onde foi observada diferença significativa entre os valores encontrados. Foi possível observar que houve diferença significativa entre os compósitos utilizados ($p = 0,00006$). Para a análise de dureza, a alteração de temperatura também demonstrou diferença estatística entre os

valores encontrados ($p = 0,00411$). Não houve diferença significativa quando a interação entre material e temperatura foi observada ($p = 0,59192$).

6 DISCUSSÃO

Os compósitos resinosos passaram a ser amplamente utilizados em Odontologia e restaurações em dentes posteriores podem ter propriedades mecânicas adequadas quando feitas com este material. Os compósitos resinosos também possuem boas propriedades estéticas e por isso são bem aceitos pelos pacientes. Apesar dos avanços na qualidade deste material, a contração de polimerização ainda é uma das causas de falha das restaurações com compósitos (Matej et al., 2019). Por isso, alguns recursos são estudados a fim de minimizar a contração de polimerização e melhorar as propriedades mecânicas dos compósitos. Entre estes recursos, há o pré-aquecimento do material. Diferentes estudos tiveram como objetivo avaliar a influência que o pré-aquecimento pode causar em propriedades mecânicas das resinas compostas bulk fill (Daronch et al., 2005; Theobaldo et al., 2017; Lempel et al., 2019; Abdulmajeed et al., 2020).

Existem evidências de que o pré-aquecimento pode aumentar o grau de conversão dos compósitos, mas os resultados observados diferem entre os materiais estudados (Tauböck et al., 2015). O pré-aquecimento foi capaz de minimizar a contração de polimerização, sem que houvesse comprometimento do grau de conversão dos materiais. No entanto, os compósitos estudados apresentaram resultados específicos com relação aos parâmetros contração de polimerização e grau de conversão após a técnica de pré-aquecimento.

No presente estudo, foi vista diferença significativa de acordo com o compósito utilizado em todos os parâmetros avaliados. Isto sugere que a composição do material está diretamente relacionada aos resultados obtidos com o pré-aquecimento. Os dois compósitos bulk fill avaliados possuem diferenças quanto à composição. O Tetric Evoceram Bulk Fill é classificado como um material nano-híbrido, que possui como partículas de carga vidro de Ba-Al-Si, YbF e óxidos esféricos. Estas partículas tem tamanho médio de 550 nm e compõem 61% em volume do compósito. Já o Filtek One Bulk Fill é um material micro-híbrido, que possui partículas de Zr, Si e YbF com tamanho médio de 0,6 μm e partículas de carga em 42,5% de volume do compósito. Estas diferenças podem justificar o que foi observado entre os dois compósitos e os melhores resultados nos testes realizados vistos no compósito Filtek One Bulk Fill.

Apesar da diferença quando a variável material foi considerada foi possível observar que apenas o fator aquecimento não causou impacto negativo nas

propriedades mecânicas avaliadas. Isto também foi visto no estudo de Abdulmajeed et al. (2020). Os autores avaliaram compósitos bulk fill e convencionais. Concluiu-se que o pré-aquecimento não reduziu as propriedades mecânicas apresentadas pelos compósitos resinosos. Na análise da resistência à flexão e módulo flexural, houve evidências de que o aquecimento até 50 °C não promove diferenças estatisticamente significativas e não foi vista correlação significativa entre o pré-aquecimento e as propriedades mecânicas testadas. Assim, o pré-aquecimento foi considerado um recurso interessante para, por exemplo, melhorar a adaptação do compósito nas paredes da cavidade (Uctasli et al., 2008).

Outros autores também buscaram avaliar o efeito do aquecimento no grau de conversão dos compósitos bulk fill. O pré-aquecimento dos compósitos a temperatura de 55 °C pode ser capaz de melhorar o grau de conversão alcançado. Quando comparado ao aumento do tempo de fotopolimerização, o pré-aquecimento se mostrou mais eficaz (Lempel et al., 2018).

Além do grau de conversão, a dureza e profundidade de polimerização também foram avaliados em compósitos bulk fill pré-aquecidos e os resultados destes testes foram descritos na literatura. O uso do pré-aquecimento aumentou o grau de conversão quando comparado ao material fotopolimerizado em temperatura ambiente. A profundidade de polimerização e a dureza não sofreram alterações diante das diferentes temperaturas. Foi visto que a dureza Knoop, assim como no presente estudo, não foi afetada pelas diferentes temperaturas. O pré-aquecimento do compósito aumentou o grau de conversão, levou a maior plastificação do material e não alterou profundidade de polimerização e dureza observadas (Theobaldo et al., 2017). Observa-se que os resultados encontrados corroboram com outros achados da literatura. Além dos parâmetros avaliados, propriedades como grau de conversão também seria um fator interessante a ser avaliado quando o pré-aquecimento de compósitos é proposto.

7 CONCLUSÃO

O pré-aquecimento não promoveu melhora significativa nas propriedades mecânicas dos compósitos bulk fill. O compósito Filtek One Bulk Fill mostrou maior resistência à flexão e menor módulo flexural em relação ao compósito Tetric EvoCeram Bulk Fill, bem como maior resistência coesiva e maior dureza Knoop.

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.
- Abdulmajeed AA, Donovan TE, Cook R, Sulaiman TA. Effect of Preheating and Fatiguing on Mechanical Properties of Bulk-fill and Conventional Composite Resin. *Oper Dent*. 2020 Jul 1;45(4):387-395. doi: 10.2341/19-092-L.
- Cerda-Rizo ER, de Paula Rodrigues M, Vilela A, Braga S, Oliveira L, Garcia-Silva TC, et al. Bonding Interaction and Shrinkage Stress of Low-viscosity Bulk Fill Resin Composites With High-viscosity Bulk Fill or Conventional Resin Composites. *Oper Dent*. 2019 Nov/Dec;44(6):625-636. doi: 10.2341/18-163-L.
- Charamba CF, Meireles SS, Duarte RM, Montenegro RV, Andrade AKM. Resistência de união dos compósitos do tipo Bulk Fill: análise in vitro. *Rev Odontol UNESP*. 2017. 46(2): 77-81. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-2577.15216>.
- Daronch M, Rueggeberg FA, De Goes MF. Monomer conversion of pre-heated composite. *J Dent Res*. 2005 Jul;84(7):663-7. doi: 10.1177/154405910508400716.
- Elkaffas AA, Eltoukhy RI, Elnegoly SA, Mahmoud SH. The effect of preheating resin composites on surface hardness: a systematic review and meta-analysis. *Restor Dent Endod*. 2019 Oct 29;44(4):e41. doi: 10.5395/rde.2019.44.e41.
- Ferracane JL, Hilton TJ. Polymerization stress--is it clinically meaningful? *Dent Mater*. 2016 Jan;32(1):1-10. doi: 10.1016/j.dental.2015.06.020.
- Hayashi J, Espigares J, Takagaki T, Shimada Y, Tagami J, Numata T, et al. Real-time in-depth imaging of gap formation in bulk-fill resin composites. *Dent Mater*. 2019 Apr;35(4):585-596. doi: 10.1016/j.dental.2019.01.020.
- Holmes RG, Blalock JS, Rueggeberg FA. Composite film thickness at various temperatures [IADR abstract 3265] *J Dent Res*. 2004; 83 (Spec Issue A).

* De acordo com as normas da UNICAMP/FOP, baseadas na padronização do International Committee of Medical Journal Editors - Vancouver Group. Abreviatura dos periódicos em conformidade com o PubMed.

Lempel E, Óri Z, Szalma J, Lovász BV, Kiss A, Tóth Á, et al. Effect of exposure time and pre-heating on the conversion degree of conventional, bulk-fill, fiber reinforced and polyacid-modified resin composites. *Dent Mater*. 2019 Feb;35(2):217-228. doi: 10.1016/j.dental.2018.11.017.

Lopes LCP, Terada RSS, Tsuzuki FM, Giannini M, Hirata R. Heating and preheating of dental restorative materials-a systematic review. *Clin Oral Investig*. 2020 Oct 20. doi: 10.1007/s00784-020-03637-2.

Par M, Repusic I, Skenderovic H, Milat O, Spajic J, Tarle Z. The effects of extended curing time and radiant energy on microhardness and temperature rise of conventional and bulk-fill resin composites. *Clin Oral Investig*. 2019 Oct;23(10):3777-3788. doi: 10.1007/s00784-019-02807-1.

Rizzante FAP, Duque JA, Duarte MAH, Mondelli RFL, Mendonça G, Ishikiriyama SK. Polymerization shrinkage, microhardness and depth of cure of bulk fill resin composites. *Dent Mater J*. 2019 Jun 1;38(3):403-410. Doi: 10.4012/dmj.2018-063.

Tauböck TT, Tarle Z, Marovic D, Attin T. Pre-heating of high-viscosity bulk-fill resin composites: effects on shrinkage force and monomer conversion. *J Dent*. 2015 Nov;43(11):1358-64. doi: 10.1016/j.jdent.2015.07.014.

Theobaldo JD, Aguiar FHB, Pini NIP, Lima DANL, Liporoni PCS, Catelan A. Effect of preheating and light-curing unit on physicochemical properties of a bulk fill composite. *Clin Cosmet Investig Dent*. 2017 May 16;9:39-43. doi: 10.2147/CCIDE.S130803.

Uctasli MB, Arisu HD, Lasilla LV, Valittu PK. Effect of preheating on the mechanical properties of resin composites. *Eur J Dent*. 2008 Oct;2(4):263-8.

ANEXOS

Anexo 1 – Verificação de originalidade e prevenção de plágio

INFLUÊNCIA DE PRÉ-AQUECIMENTO NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE COMPÓSITOS RESTAURADORES DO TIPO BULK FILL

TCC - Lucas Carvalho			
ORIGINALITY REPORT			
22%	19%	9%	0%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS
PRIMARY SOURCES			
1	repositorio.unicamp.br Internet Source		6%
2	docplayer.com.br Internet Source		4%
3	pesquisa.bvsalud.org Internet Source		2%
4	Ezequias Costa Rodrigues Júnior. "Grau de conversão, propriedades ópticas e mecânicas de resinas compostas bulk-fill em função de dois aparelhos fotopolimerizadores e de tratamento térmico", Universidade de Sao Paulo, Agencia USP de Gestao da Informacao Academica (AGUIA), 2019 Publication		2%
5	doczz.net Internet Source		1%
6	repositorio.ufpb.br Internet Source		1%
7	teses.usp.br		

Anexo 2 – Iniciação Científica



Universidade Estadual de Campinas
Pró-Reitoria de Pesquisa
Programas de Iniciação Científica e Tecnológica
www.prp.unicamp.br | Tel. 55 19 3521-4891

PARECER SOBRE RELATÓRIO FINAL DE ATIVIDADES

Bolsista: LUCAS DE ALMEIDA MAIA CARVALHO – RA 156350

Orientador(a): Prof.(a) Dr.(a) MÁRIO ALEXANDRE COELHO SINHORETI

Projeto: “Influência de pré-aquecimento nas propriedades mecânicas de compósitos restauradores do tipo bulk fill”

Bolsa: Pesquisa SAE/Unicamp

Vigência: 01/08/2019 a 31/08/2020

PARECER

Este parecer trata-se do relatório final submetido pelo bolsista Lucas de Almeida Maia Carvalho, que avaliou a influência do pré-aquecimento nas propriedades mecânicas de compósitos restauradores do tipo bulkfill. O aluno apresentou bom desempenho acadêmico, melhorando seu C.R. em comparação ao período inicial. Todas as etapas propostas no projeto foram realizadas de forma satisfatória, sendo que os objetivos da iniciação científica foram atingidos. Assim, recomendo a aprovação do relatório de atividades.

Conclusão do Parecer:

● Aprovado

Pró-Reitoria de Pesquisa, 5 de novembro de 2020.


Mirian Cristina Marcançola
PRP / PIBIC - Unicamp
Matr. 299062