

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**Faculdade de Ciências da Saúde**  
**Programa de Pós-Graduação em Odontologia**



**Dissertação de Mestrado**

**Avaliação da estabilidade da Resistência de União (RU) de diferentes materiais  
utilizados para o reparo de coroas impressas em resina 3D**

**Raquel Cardoso da Silva**

Brasília, 03 de julho de 2024

**Raquel Cardoso da Silva**

**Avaliação da estabilidade da Resistência de União (RU) de diferentes materiais utilizados para o reparo de coroas impressas em resina 3D**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Odontologia da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade de Brasília, como requisito parcial à obtenção do título de Mestra em Odontologia.

Orientadora: Fernanda Cristina Pimentel Garcia

Coorientador: Rodrigo Antônio de Medeiros

Brasília, 2024

**Raquel Cardoso da Silva**

**Avaliação da estabilidade da Resistência de União (RU) de diferentes materiais utilizados para o reparo de coroas impressas em resina 3D**

Dissertação aprovada, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestra em Odontologia, Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade de Brasília.

Data da defesa:

Banca examinadora:

---

Profa. Dra. Fernanda Cristina Pimentel Garcia (orientadora)

---

Profa. Dra. Liliana Vicente Melo de Lucas Rezende (membro )

---

Prof. Dr. Sickan Soares da Rocha (membro)

---

Prof. Dr. Lucas Fernando Tabata (suplente)

*A Deus, à minha família, aos meus mestres e à Universidade de  
Brasília, agradeço a oportunidade de poder  
contribuir com a ciência brasileira.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pela oportunidade de concluir mais essa importante fase em minha vida acadêmica e profissional, por me conceder saúde e resiliência em cada área da minha vida.

Agradeço à Universidade de Brasília, a minha segunda casa, o local responsável pela maior mudança que pude ter em minha vida: o acesso ao ensino superior em uma universidade pública. Sou muito grata à UnB por ter me permitido subverter a história social da minha família, e me permitir enxergar o mundo de uma forma ampla e diversa. Além disso, agradeço a oportunidade de poder contribuir com a ciência e colaborar com a pesquisa brasileira. Tenho muito orgulho dessa Universidade.

Agradeço aos meus familiares pelo apoio concedido durante minha jornada, em especial à minha mãe Veramar Martins, que sempre fez o possível e impossível para que eu pudesse ter a melhor educação possível dentro das nossas dificuldades, e à minha irmã e melhor amiga Ester Cardoso por todo apoio nessa caminhada.

Agradeço ao meu amor e incentivador, Luiz Amaral pela parceria e cuidado durante todo o meu percurso profissional e de vida, obrigada por todo suporte durante a minha pesquisa e os meus estudos. Essa vitória é nossa, meu amor.

Agradeço a todos os meus mestres, em especial, minha orientadora Fernanda Cristina Pimentel Garcia, obrigada pela doçura, empatia, gentileza. Você não é apenas um exemplo de profissional, mas também de mulher, de mãe, de ser humano. Te admiro muito. Agradeço ao meu professor e coorientador Rodrigo Antônio de Medeiros por todo suporte dado durante a minha pesquisa, por toda paciência e ajuda, as quais permitiram que esse trabalho fosse desenvolvido. Foi muito bom podermos ter esse contato na pós-graduação, sempre te admirei muito. Agradeço ao professor Lucas Fernando Tabata pelo papel crucial no desenvolvimento da metodologia da pesquisa e por toda a orientação dada em seus horários livres, por todas as tardes e manhãs no laboratório e na clínica, pela disponibilidade e atenção de sempre. Essa pesquisa não teria sido possível sem a paciência e cuidado de vocês três.

Agradeço à empresa FGM Dental Group e sua representante Maristela, bem como à Shofu Brasil e sua representante Neiva por todos os materiais doados durante a fase laboratorial da pesquisa.

Agradeço ao professor Sicknan Soares da equipe Reabilitação Oral de Goiânia, com quem tive acesso a inúmeros ensinamentos na minha especialidade de Prótese Dentária, paralelamente ao mestrado, fazendo total diferença na minha formação. Agradeço a todos os outros mestres com os quais tive contato nesses anos de mestrado e foram extremamente importantes para o meu desenvolvimento acadêmico, em especial às professoras Rayssa Zanatta, Liliana Rezende, Carla Massignan, Cristine Stefani e ao professor Leonardo Cunha.

Agradeço a todos os colegas e amigos os quais conheci e fiz nessa jornada, em especial à Denise Ribeiro, Helhen Cardoso, Alejandro Castro, Joana Rodrigues, Laura Barros e Lucas Simino. Agradeço a Denise por todos os conselhos, apoio e amizade nesses anos, por me inspirar tanto. Agradeço ao Lucas por todo companheirismo durante a realização deste trabalho, tendo em vista que trabalhamos em pesquisas parecidas, a ajuda dele foi fundamental nesse processo. Agradeço ao meu colega de profissão e amigo Regis Alexandre por todo suporte dado nessa etapa, por todo carinho e compreensão, por ter me permitido conciliar tantos horários em sua clínica em prol do meu mestrado.

Agradeço ao professor César Grisólia, professor de Genética do Instituto de Biologia (IB) pelo suporte e por ter concedido seu tempo, espaço e conhecimento durante a fase de análise microscópica das amostras.

Agradeço à técnica do Laboratório de Dentística e Materiais Dentários, Marcilene, por todo carinho e auxílio durante a fase laboratorial da minha pesquisa.

Agradeço ao Laboratório Afa, em especial ao proprietário Matheus Amaral, meu cunhado, obrigada por todo apoio dado na impressão dos meus espécimes, desde o estudo piloto à pesquisa em si.

Agradeço a todos que contribuíram para que esse trabalho fosse desenvolvido.

*“A ciência não é uma ilusão, mas seria uma ilusão acreditar que poderemos encontrar noutra lugar o que ela não nos pode dar.” Sigmund Freud*

## RESUMO

### **Avaliação da estabilidade da Resistência de União (RU) de diferentes materiais utilizados para o reparo de coroas impressas em resina 3D**

As restaurações provisórias são utilizadas para manter a estética e função durante a confecção de restaurações indiretas. Elas estão sujeitas a tensões mastigatórias da cavidade bucal e podem sofrer fraturas, desgastes, entre outras condições que indiquem o procedimento de reparo. Diante disso, o objetivo desse estudo foi avaliar a Resistência de União (RU) de 4 materiais utilizados em reparos de coroas provisórias produzidas por impressão em 3D imediatamente e após a termociclagem. A interface adesiva foi avaliada pelo teste de cisalhamento realizado em máquina de ensaio universal, com célula de carga de 5 KN, em uma velocidade de 0,5 mm /min .Foram confeccionados 16 discos cilíndricos em resina para impressão 3D de coroas provisórias (18 x3 mm),tendo a superfície polida, em seguida foram realizados reparos (*RODs*) utilizando quatro resinas diferentes (n=8/cada tempo) : Resina Acrílica Autopolimerizável (GA) – Dêncor (Clássico – Brasil), Resina Bisacrílica (GB) – Primma Art (FGM – Brasil), Resina *Flow* (GFF) – Opallis (FGM – Brasil) e Resina *Flow* (GFS) – Beautifil Injectable XSL (Shofu – Japão) e avaliados após 24 hs (T0) ou após 10000 ciclos de termociclagem (T1) e submetidos ao teste de cisalhamento. O tipo de falha na interface adesiva foi avaliada. Os dados obtidos de Resistência de União (MPa) foram submetidos à análise de Variância (ANOVA) de dois fatores (material de reparo e tempo) seguido do teste de Tukey, ( $p<0.05$ ). Houve interação entre os fatores avaliados ( $p<0,001$ ). Em T0 e T1, o grupo GFS apresentou os maiores valores de RU com diferença estatística significativa para os demais grupos GFF, GB e GA que diferiram entre si ( $p<0,05$ ) . Os valores de RU diminuíram após a termociclagem para cada material ( $p<0,05$ ) exceto para o GA ( $p>0,05$ ). Observou-se que o tipo de material de reparo e o tempo influenciaram nos valores de RU A Resina *Flow* (GFS) pode ser o material mais indicado para o reparo de coroas provisórias confeccionadas com a resina para impressão 3D avaliada .

**Palavras-chaves:** Restauração Dentária Temporária, Reparo, Resina Impressa, Resistência de União.

## ABSTRACT

### **Evaluation of the Stability of Shear bond Strength (SBS) of Different Materials for Repairing 3D-Printed Resin Crowns**

Temporary restorations play a crucial role in maintaining both aesthetics and functionality during the fabrication of indirect restorations. These restorative materials are subjected to masticatory forces within the oral cavity, making them susceptible to fractures, wear, and other conditions that may necessitate repair. This work aimed to evaluate the Shear bond Strength (SBS) of four different materials used for repairing temporary crowns produced through 3D printing both immediately and following thermocycling. The adhesive interface was evaluated by a shear test performed on a universal testing machine, with a 5 KN load cell, at a speed of 0.5 mm/min. Sixteen cylindrical discs (18 x 3 mm) were produced using 3D printing resin specifically designed for temporary crowns, with repairs (RODs) performed using four different resins (n=8/ for each time): Auto-Polymerizing Acrylic Resin (GA) - Dêncor (Clássico – Brazil), Bis-Acrylic Resin (GB) - Primma Art (FGM – Brazil), Flow Resin (GFF) - Opallis (FGM – Brazil), and Flow Resin (GFS) – Beautifil Injectable XSL (Shofu – Japan). The specimens were evaluated after 24 hours (T0) and after undergoing 10,000 thermocycling cycles (T1). Prior to repair, the surfaces of the printed resins were polished to ensure optimal bonding. The samples were stored in distilled water for 24 hours at 37°C or subjected to thermocycling before shear testing. The type of adhesive failure was evaluated. Shear bond strength data (MPa) were analyzed using two-way Analysis of Variance (ANOVA) (repair material and time), followed by Tukey's post-hoc ttest ( $p < 0.05$ ). A significant interaction between the evaluated factors was identified ( $p < 0.001$ ). At both T0 and T1, the GFS group exhibited superior SBS values with statistically significant differences compared to the other groups (GFF, GB, and GA), which differed from each other ( $p < 0.05$ ). SBS values decreased following thermocycling for each material ( $p < 0.05$ ) except for GA ( $p > 0.05$ ). This study highlights that both the type of repair material and the time factor significantly influence SBS values. Among the materials tested, Flow Resin (GFS) appears to be the most suitable for repairing temporary crowns fabricated from the evaluated 3D printed resin.

**Keywords:** Provisional crown, Repair, 3D Printed Resin, Shearbond Strenght

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1.** Disco cilíndrico impresso nas dimensões de 18x3mm.....p. 27
- Figura 2.** Discos cilíndricos incluídos em buchas de redução em PVC com resina acrílica autopolimerizável incolor..... p. 27
- Figura 3.** Máquina politriz circular para polimento e padronização das amostras...p. 28
- Figura 4.** Amostra posicionada em base impressa em resina *splint* para impressão 3D.....p. 30
- Figura 5.** Guia em silicone posicionado sobre a amostra para a confecção dos *rods*.....p. 30
- Figura 6.** Posicionamento da resina *flow* Beautiful Injectable XSL (Shofu, Japão) na base de resina para impressão de coroas provisórias em 3D..... p. 31
- Figura 7.** Posicionamento da resina *flow* Opallis (FGM, Brasil) na base de resina para impressão de coroas provisórias em 3D ..... p. 31
- Figura 8.** Posicionamento da resina acrílica autopolimerizável e resina bisacrílica com ponta de aplicação Precision Nº2 na base de resina para impressão de coroas provisórias em 3D..... p. 32
- Figura 9.** Remoção de excessos com microaplicador fino.....p. 32
- Figura 10.** Proteção dos demais materiais para realização da fotopolimerização..p. 33

<b>Figura 11.</b> Fotopolimerização dos <i>rods</i> de resina <i>flow</i> .....	p. 33
<b>Figura 12.</b> Amostra finalizada e pronta para armazenamento.....	p. 33
<b>Figura 13.</b> Termocicladora configurada para banho do grupo de amostras no T1 (Termociclagem) durante 30 segundos para 10.000 ciclos.....	p. 34
<b>Figura 14.</b> Temperatura da água alternada entre 5°C e 55°C.....	p. 34
<b>Figura 15A.</b> Ponta edentada em formato de cunha posicionada na amostra.....	p. 35
<b>Figura 15B e 15C.</b> Amostra posicionada em base da máquina de ensaio universal para realização do teste mecânico de cisalhamento.....	p. 35
<b>Figura 16.</b> Valores de média (MPa) dos materiais utilizados para reparo antes e depois da termociclagem.....	p. 38
<b>Figura 17.</b> Fratura Adesiva.....	p. 39
<b>Figura 18.</b> Fratura Coesiva.....	p. 35
<b>Figura 19A e 19B.</b> Fratura Mista.....	p.38

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1.** Materiais usados no estudo e sua composição..... p. 29

**Tabela 2.** Resultado do teste ANOVA de dois fatores (tipo de material de reparo x termociclagem )..... p. 37

**Tabela 3.** Valores médios (desvio padrão) dos valores em MPa de acordo com o material de reparo e termociclagem..... p. 38

**Tabela 4.** Porcentagem dos padrões de fratura analisados em estereomicroscópio no T0 (tempo inicial de 24 horas) e T1 (após termociclagem)..... p. 39

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Bis-GMA - Bisfenol A Glicidil metacrilato

Bis(EMA) -Bisfenol hidroxietil metacrilato

CAD – *Computer Aided Design*

CAM – *Computer Aided Manufacture*

DLP – *Digital Light Processing* (técnica de impressão 3D)

PEMA - Polimetacrilato de etila

PMMA – Polimetilmetacrilato

PVEMA - Polivinil metacrilato de etila

RU – Resistência de União

SID – Selamento Imediato de Dentina

SLA – *Stereolithography* (técnica de impressão 3D)

S-PGR – *Surface pre-reacted glass* (partícula de vidro reativo)

TEGDMA - Trietileno glicol dimetacrilato

UDMA – Uretano dimetacrilato;

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	15
1.1 HIPÓTESES.....	16
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	17
2.1 RESTAURAÇÕES PROVISÓRIAS E SUA IMPORTÂNCIA.....	17
2.2 MATERIAIS E TÉCNICAS DE CONFECÇÃO DE COROAS PROVISÓRIAS.....	18
2.3 AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE UNIÃO NO REPARO DE RESTAURAÇÕES PROVISÓRIAS.....	23
<b>3 OBJETIVOS</b> .....	25
3.1 OBJETIVO GERAL.....	25
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	25
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	26
4.1 DETALHAMENTO DO EXPERIMENTO DO PRESENTE ESTUDO.....	26
4.2 DESENHO EXPERIMENTAL.....	26
4.3 CONFECÇÃO DAS AMOSTRAS.....	27
4.4 TESTE MECÂNICO DE CISALHAMENTO.....	34
4.5 ANÁLISE DO PADRÃO DE FRATURA.....	35
4.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	36
<b>5 RESULTADOS</b> .....	37
<b>6 DISCUSSÃO</b> .....	41
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	48
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	49
<b>PRESS RELEASE</b> .....	61

## 1. INTRODUÇÃO

As restaurações provisórias – ou transitórias – são frequentemente utilizadas na odontologia. Dentre suas funções pode-se citar a proteção do remanescente dentário, o condicionamento e a proteção do tecido gengival, prevenção de extrusões e movimentações, manutenção da relação oclusal, da estética, entre outros [1,2]. Os principais requisitos para as restaurações provisórias incluem estabilidade de cor dos materiais, boa resistência, além da possibilidade de reparo, tendo em vista que durante o tratamento reabilitador podem ocorrer desgastes e falhas [3].

Dentre os diferentes materiais mais utilizados na prática clínica para confecção de coroas provisórias, destaca-se a resina acrílica autopolimerizável [4,5]. A resina acrílica autopolimerizável tem sido usada ao longo de muitos anos como material restaurador provisório, por possuir boa estabilidade de cor, facilidade de reparo e baixo custo. Porém, tem sido associada a algumas desvantagens como valor exotérmico alto, elevada contração, além de odor desagradável. Por esse motivo, os fabricantes buscaram desenvolver novos materiais que suprissem tais limitações [6,7].

Diante disso, surgiram no mercado as resinas bisacrílicas com o objetivo de minimizar as desvantagens das resinas acrílicas autopolimerizáveis [8]. Destacam-se como características a facilidade de manipulação, mínima reação exotérmica - o que gera menos danos ao elemento dentário, baixa contração de polimerização e ausência de odor desagradável. Além disso, a redução de tempo clínico e obtenção de estética satisfatória são fatores que se fazem presentes na escolha deste material no dia a dia clínico. Entretanto, apresenta algumas desvantagens quando comparado à resina acrílica como alto custo quando e necessidade de utilização de pistola misturadora e de matriz [9,10].

Além dos materiais anteriormente citados, foram introduzidas no mercado, recentemente, as resinas impressas em 3D, que associadas ao fluxo digital, minimizam diversas desvantagens advindas de outros materiais restauradores provisórios [11,12]. A precisão de confecção e adaptação cervical, bem como redução do tempo clínico e baixo custo quando comparadas às restaurações fresadas, são características que têm levado os profissionais, cada vez mais, a optarem por esse material na obtenção de restaurações provisórias, sendo considerado, portanto, uma tendência de utilização frequente no futuro [13,14].

Diversos estudos mostram a realização de reparos em coroas provisórias [15-18]. A necessidade de reparo ocorre pelo fato de que, durante o período em que se encontram na cavidade oral, as restaurações podem sofrer fraturas e desgastes, os quais podem afetar negativamente nas funções anteriormente descritas, comprometendo o remanescente dentário, bem como o sucesso do tratamento restaurador final [19]. Técnicas e materiais utilizados em reparos de restaurações provisórias são descritos, frequentemente, na literatura em estudos que avaliam a resistência de união, principalmente no que concerne à materiais utilizados para reparar resina acrílica autopolimerizável e resina bisacrílica [15,16]. Dentre os materiais utilizados, as resinas *flow*, resinas compostas, resinas acrílicas e até mesmo as próprias resinas bisacrílicas, têm sido utilizadas para esse fim, apresentando resultados satisfatórios [17,18].

Não obstante, observa-se uma lacuna nos estudos sobre o reparo em resinas impressas 3D utilizadas para a confecção de coroas provisórias. Não há um consenso sobre qual seria o material mais indicado para essa técnica, nem como o procedimento deveria ser realizado. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi de avaliar a estabilidade da Resistência de União (RU) de diferentes materiais utilizados para o reparo de coroas impressas em resina 3D.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 RESTAURAÇÕES PROVISÓRIAS E SUA IMPORTÂNCIA

A confecção de restaurações provisórias adequadas é parte importante para o sucesso do tratamento reabilitador, sendo bem discutida na literatura há muitos anos [1,2,3,4,7].

Uma coroa provisória é projetada para melhorar a estética, estabilização ou função por um período limitado de tempo, seja em próteses sobre dentes ou sobre implantes, a qual deverá ser substituída por uma prótese final futuramente. As restaurações provisórias são uma parte essencial do tratamento em prótese fixa, tendo em vista que serão usadas para auxiliar no plano de tratamento final. O termo prótese “provisória” é frequentemente usado como sinônimo para prótese “transitória” ou “temporária” [20,21].

Os requisitos de uma restauração provisória são essencialmente os mesmos para a restauração final, com exceção da longevidade e estabilidade de cor. Para a confecção de coroas provisórias, são necessários requisitos, que podem ser divididos em requisitos biológicos e mecânicos [22].

Os requisitos biológicos se referem à saúde da polpa e dos tecidos periodontais. Como bem conhecido, durante o preparo dentário ocorre a exposição de milhares de túbulos dentinários. Nessa perspectiva, a adaptação interna, a integridade marginal e o agente cimentante provisório ajudam a proteger a polpa dos efeitos advindos dos estímulos químicos e térmicos, bem como da infiltração de microorganismos [23,24,25].

No contexto da prótese sobre implante, as coroas provisórias permitem, além da proteção da área cirúrgica e detalhes estéticos, a adequação do tecido gengival, promovendo contornos e remodelação corretos para o recebimento das coroas finais. O procedimento de provisionalização faz com que sejam obtidos os corretos contornos gengivais e saúde gengival, reduzindo a chance de ocorrência de peri-implantite [26].

Além disso, a adequação e manutenção da saúde dos tecidos periodontais são funções cruciais das coroas provisórias. Essas podem ser alcançadas a partir da manutenção da integridade marginal e do polimento adequado da superfície da restauração, uma vez que superfícies lisas e polidas evitam o acúmulo de placa e a

inflamação gengival. Ademais, o perfil de emergência deve ser adequado, com formas e contornos suaves de forma a garantir a forma e saúde da papila. Sabe-se ainda que o sobrecontorno e o subcontorno das restaurações provisórias são prejudiciais à saúde periodontal [24,25].

Ainda nesse sentido, é importante citar que os requisitos biológicos também devem ser seguidos fielmente na confecção de coroas provisórias para próteses múltiplas do tipo pânticos. Nesse sentido, as peças provisórias permitem manter a saúde, bem como a confecção de contornos estéticos nos tecidos que recobrem o rebordo edêntulo [27].

Em suma, observa-se que as restaurações provisórias são muito importantes e cumprem diversas funcionalidades essenciais como: promoção da proteção pulpar e gengival, manutenção da função oclusal, impedimento da giroversão e da extrusão do elemento dentário, estética, além de que permite ser uma ferramenta diagnóstica no que concerne à higienização do paciente, forma, ajustes na dimensão vertical de oclusão entre outros [1,2,3].

## 2.2 MATERIAIS E TÉCNICAS PARA CONFECÇÃO DE COROAS PROVISÓRIAS

São descritas diversas técnicas para confecção de restaurações provisórias, com destaque para as técnicas direta, indireta ou ainda a técnica combinada - direta e indireta [23]. Coroas provisórias podem ser obtidas de forma direta, quando confeccionadas no consultório odontológico, sendo indicadas nos casos de próteses fixas unitárias ou múltiplas. Dentre as variadas maneiras de serem confeccionadas, podem ser obtidas através de matrizes de silicone, por meio de dentes de estoque artificiais, matrizes acrílicas ou serem esculpidas à mão livre com o material desejado, mais comumente, a resina acrílica [28].

Os danos pulpares gerados pela reação exotérmica dos materiais provisórios na técnica da matriz são amplamente discutidos na literatura, e alguns estudos mostram que é mais apropriado utilizar resina bisacrílica em vez de resina acrílica, tendo em vista que as resinas bisacrílicas possuem menor contração de polimerização quando comparados ao PMMA (polimetilmetacrilato), além de menor tempo clínico e resultados estéticos mais satisfatórios [6].

Ainda nesse sentido, os estudos atuais trazem o conceito do selamento

imediate de dentina (SID), o que pode reduzir a preocupação com a reação exotérmica dos materiais, uma vez que o procedimento de SID diminui a irritação pulpar, bem como a contaminação bacteriana e aumenta a resistência de união da dentina ao material restaurador, proteção do remanescente e, conseqüentemente, conforto ao paciente [31].

Além da técnica direta utilizando matriz, pode-se citar a técnica que utiliza um dente de estoque para confecção de provisórios, muito utilizada em regiões estéticas, além da técnica à mão livre, na qual o provisório é reconstruído do zero e a técnica da matriz pré-fabricada, na qual a peça é obtida a partir da forma do acrílico [23].

As vantagens da técnica direta consistem no menor tempo clínico e menor custo, pois não exige etapa intermediária de moldagem para confecção de provisórios, nem mesmo obtenção de modelo de gesso. Já como desvantagem, pode-se citar que os túbulos dentinários recém-cortados são expostos ao calor gerado durante a reação exotérmica de polimerização do monômero ou outros produtos químicos irritantes presentes no material restaurador provisório não polimerizado [28-30]. Entretanto, quando o SID é realizado, essas desvantagens são praticamente nulas [31].

A técnica indireta consiste em uma técnica mais complexa de obtenção de coroas provisórias, na qual após o preparo dos elementos dentários, é realizada uma moldagem e a partir do modelo de gesso obtido, é obtida uma matriz, por meio de qual serão confeccionadas as peças provisórias [32].

No que concerne à técnica indireta, essa é realizada totalmente em ambiente laboratorial. Possui vantagens como evitar a exposição do remanescente ao calor gerado pela técnica da confecção da restauração, a monômeros livres irritantes e/ou outras substâncias químicas. Além disso, é muito bem indicada na confecção de múltiplos elementos e pânticos, nos quais é difícil controlar a reação exotérmica no meio intraoral. Entretanto, como desvantagens, é uma técnica que, invariavelmente, necessitará de reembasamentos e reparos após confecção, e demanda mais sessões clínicas, além do maior custo com os materiais utilizados [33].

É descrita, ainda, a técnica direta-indireta, também denominada técnica combinada, por meio da qual é produzida uma superfície externa personalizada da restauração, que será reembasada com um material provisório intraoralmente na boca. Nesse procedimento, o tempo de trabalho é reduzido pois a restauração provisória é produzida antes da sessão clínica, além de que o controle melhorado das

margens da restauração também minimiza o tempo de trabalho. A desvantagem dessa técnica reside justamente no fato de haver a necessidade da fase laboratorial antes da intraoral [23].

No cenário contemporâneo, observa-se que há um avanço no que se diz respeito à odontologia reabilitadora no desenvolvimento de materiais e técnicas que permitam ao profissional ter melhoras no seu tempo clínico e na qualidade do seu trabalho. Logo, ao longo dos anos, diversas técnicas têm sido relatadas a fim de otimizar o trabalho e obter um resultado final satisfatório. Nesse sentido, os estudos relatando técnicas de confecção de matrizes associadas ao uso de resinas bisacrílicas em restaurações temporárias são amplamente citadas [11,14-17].

A odontologia digital tem sido difundida nos últimos anos, associada à tecnologia CAD/CAM (*computer-aided design/computer-aided manufacturing*). Como já citado anteriormente, as próteses provisórias possuem inúmeras funções importantes na reabilitação, motivo pelo qual necessitam ser bem confeccionadas com o intuito de fornecer uma cópia fidedigna da restauração final, além de garantir saúde periodontal e do remanescente dentário [11,12]. Falhas na fase das restaurações transitórias podem comprometer o sucesso do tratamento definitivo, e é nesse viés que o sistema CAD/CAM tem sido citado, uma vez que quando utilizado para a fabricação de coroas provisórias, pode fornecer uma correção dessas falhas observadas. Essa tecnologia tem alcançado bastante popularidade, uma vez que permite maior precisão nos trabalhos realizados, o que não é muitas vezes possível nas técnicas convencionais [13,14].

A impressão 3D por meio da manufatura aditiva tem sido uma das vertentes da odontologia digital. Sob essa ótica, o uso de técnicas de impressões têm sido relatadas na odontologia para obtenção de guias cirúrgicos, modelos de diagnóstico, placas oclusais, e também para a fabricação de coroas provisórias [34]. Na técnica de impressão em 3D é realizado o preparo dentário, seguido do escaneamento da arcada do paciente, a partir do qual será fabricada a coroa provisória. Estudos mostram que a obtenção de coroas provisórias, a partir da impressão, pode ocorrer em poucos minutos. Nesse sentido, pode-se citar como principais vantagens da técnica de obtenção de coroas provisórias a partir da impressão 3D, a precisão e a redução crucial do tempo clínico, uma vez que a produtividade e praticidade são aumentadas. Entretanto, a maior desvantagem ainda reside no alto custo envolvido na obtenção do

sistema digital, bem como do material utilizado [35].

A fabricação de coroas provisórias por meio da impressão 3D, ocorre por duas técnicas diferentes de impressão: a SLA (*Stereolithography*) e a DLP (*Digital Light Processing*). Na primeira, é utilizado um laser ultravioleta, por meio do qual o monômero líquido é polimerizado por camadas até formar por completo a peça. Na técnica DLP, são projetados diversos focos de luzes UV no reservatório com monômero líquido, formando, assim, as camadas de impressão. Estudos sugerem cuidado com a orientação da impressão e a configuração da cor da resina, uma vez que podem afetar a precisão da impressão. Além disso, a espessura da camada de impressão e a cor da resina também influenciam na intensidade da luz do laser - na técnica SLA - mas não têm efeito significativo nas propriedades mecânicas das coroas impressas [34,36].

Estudos demonstraram que coroas provisórias produzidas com o sistema CAD/CAM apresentaram propriedades mecânicas superiores quando comparadas a coroas fabricadas manualmente, uma vez que apresentaram melhores resultados em relação ao ajuste marginal, melhor ajuste interno e maior resistência à fratura. Logo, coroas provisórias fabricadas digitalmente podem ser superiores às confeccionadas pelo método convencional [13,14].

Diversos materiais têm sido descritos para a confecção de restaurações provisórias. Os materiais devem ser escolhidos de acordo com a técnica que será utilizada, suas propriedades mecânicas, custo-benefício, estética e estabilidade de cor, além de que deve permitir que todos os requisitos das restaurações provisórias sejam cumpridos adequadamente [23].

A maioria dos materiais provisórios utilizados são à base de resina e se diferenciam em relação à composição, método de polimerização e tipo de monômero. Vários aspectos devem ser observados na escolha do material de fabricação dos provisórios pelo profissional, dentre os quais pode-se citar o tempo de presa, tempo de trabalho, facilidade de reparabilidade, resistência ao desgaste, resistência flexural, contração de polimerização, estabilidade de cor, custo entre outros [1-3].

Os materiais utilizados atualmente para as restaurações provisórias incluem o polimetacrilato de metila (PMMA), o polimetacrilato de etila (PEMA), o polivinil metacrilato de etila (PVEMA), resinas com Bis-GMA (Bisfenol A Glicidil metacrilato), resinas bisacrílicas e resinas de dimetacrilato de urano fotopolimerizadas com luz

visível (VLC). Dentre todos, as resinas acrílicas são os materiais historicamente mais utilizados nas restaurações provisórias. Apesar de serem frágeis, possuem a grande vantagem de poderem ser alteradas por adições e subtrações de material [22,23].

Com o avanço da tecnologia digital, é possível realizar a fabricação de coroas provisórias utilizando blocos de resina pré-polimerizada por meio da fresagem por CAD/CAM ou por técnicas de manufatura subtrativa, que alcançam a forma desejada das restaurações provisórias. O uso de técnicas de manufatura subtrativa minimizou os problemas inerentes às técnicas convencionais de confecção de provisórios com PMMA, como a alta contração de polimerização e a presença de monômeros residuais. Além disso, bases de resina confeccionadas com sistema CAD/CAM apresentaram melhores propriedades físicas e mecânicas, quando comparadas às convencionais [13,14].

Mais recentemente, a manufatura aditiva, que consiste na impressão tridimensional em 3D ganhou bastante popularidade. Essa técnica permite adicionar pequenas partes da resina utilizada, camada por camada, o que favorece maior riqueza de detalhes e menor desperdício de material [35,36].

### 2.3 AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE UNIÃO (RU) DE MATERIAIS DE REPARO ÀS RESTAURAÇÕES PROVISÓRIAS

A resina *flow* pode ser utilizada como material de reparo em restaurações provisórias de resina bisacrílica [15]. Uma resina bisacrílica recém introduzida no mercado (Temphase Regular Set Shade A2, Kerr) foi utilizada para a realização do teste de cisalhamento. Essa foi introduzida em tubos de PVC e fizeram sobre esses, cilindros de resina flow de 2.38mm de diâmetro, os quais foram submetidos ao teste de cisalhamento em máquina universal. O modelo desses espécimes serviu como exemplo para diversos estudos realizados posteriormente. Esse modelo experimental foi de grande importância para os estudos acerca de reparo.

A RU de materiais resinosos fotoativados a materiais restauradores temporários com diferentes composições químicas também já foram avaliadas [18]. Foram confeccionados 50 discos para cada material de base resinoso, sendo eles resina acrílica autopolimerizável (Alike), resina bisacrílica (Protemp 3 Garant), resina

bisacrílica fotoativada (Revotek LC) e uma resina acrílica termoativada (Namilon). Como materiais de reparo foram utilizadas quatro resinas fotoativadas, bem como a resina acrílica autopolimerizável. Observou-se que a maior resistência de união foi obtida com os materiais que possuíam similaridades em sua composição química. Esse achado foi bastante relevante, uma vez que foram avaliados diversos tipos de materiais para a realização dos reparos.

Ademais, a RU de quatro materiais de reparo - (Luxatemp, Protemp, Z350 *flow* e resina composta Z350) – foi observada quando esses foram aderidos a uma base de resina bisacrílica (Luxatemp) [37]. Avaliou-se a influência do tempo de armazenamento na RU, em intervalos de 10 minutos, 1 hora e 48 horas. Concluiu-se que a resina composta foi o material mais adequado para o reparo de restaurações provisórias de resina bisacrílica, e que com o tempo de armazenamento maior, a RU dessas restaurações tende a aumentar. Além disso, inferiu-se que reparos com a própria bisacrílica podem ser realizados, porém, para que as ligações ocorram efetivamente e ocorra uma adesão satisfatória, pode ser necessário um maior período de tempo de presa.

Materiais utilizados para reparo em resina para impressão 3D (SLA) também já foram avaliados quanto à RU [19]. Foram utilizados discos de resina para impressão VIDA (EnvisionTEC, Dearborn, MI, EUA), sobre os quais realizou-se reparo com três materiais: resina acrílica, resina bisacrílica e resina composta com Bis-GMA. Não foram observadas diferenças estatísticas significativas na resistência ao cisalhamento dos materiais testados.

A capacidade de reparo de resinas impressas em 3D após termociclagem e preparo de superfície foi observada em um experimento, no qual 224 amostras impressas com resina de impressão para bases de dentadura, por meio do método DLP foram submetidos a 5.000 ciclos de termociclagem à temperatura de 5°C e 55°C e receberam diferentes tipos de tratamentos de superfície [42]. Após avaliar a RU, concluiu-se que a utilização de jateamento com partículas abrasivas e pontas diamantadas como tratamento de superfície antes do reparo, foi capaz de melhorar a RU após a termociclagem.

A análise da RU de resinas provisórias impressas em 3D a materiais reparadores, com e sem preparo de superfície foi conduzida recentemente [41]. Observou-se que as resinas *flow* apresentavam a maior RU quando associadas ao

protocolo de tratamento de superfície: jateamento com óxido de alumínio e condicionamento com sistema adesivo autocondicionante (ácido fosfórico + adesivo/primer). A resistência ao cisalhamento de três materiais diferentes (resina composta, resina bisacrílica e resina acrílica) a coroas provisórias impressas em 3D (Envision Tech and NextDent C&B) é maior com a resina acrílica quando comparada à resina composta e bisacrílica [38].

O reparo das resinas para impressão em 3D, bem como o tratamento de superfície dessas permanecem sendo um desafio devido às suas limitações, como a sua composição e as diversas técnicas de fabricação [43]. No entanto, os materiais à base de resina composta foram os mais indicados para o reparo.

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho foi avaliar a estabilidade da Resistência de União (RU) de diferentes materiais utilizados para o reparo de coroas impressas em resina 3D.

#### 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Testar as seguintes hipóteses nulas :

- Não haverá diferença na RU entre os diferentes materiais de reparo à resina impressa;
- A termocilagem não irá afetar a longevidade da RU de materiais de reparo à resina impressa;

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 DETALHAMENTO DO EXPERIMENTO DO PRESENTE ESTUDO

Trata-se de um ensaio *in vitro* de teste mecânico de cisalhamento de quatro diferentes materiais restauradores: resina bisacrílica PRIMMA ART cor A2 (FGM) , resina acrílica autopolimerizável DÊNCOR cor 62 (CLÁSSICO), resina *flow* OPALLIS cor A2 (FGM) e resina *flow* BEAUTIFIL INJECTABLE XSL (SHOFU) com adesão em um disco cilíndrico confeccionado em resina para impressão de coroa provisória em 3D. O teste foi realizado no período de 24h, após armazenamento em água destilada a 37°C e, também, após a termociclagem dos corpos de prova em água à temperatura de 5°C e 55°C.

### 4.2 DESENHO EXPERIMENTAL

A fim de definir a amostra adequada para o estudo e a calibração manual de todas as etapas laboratoriais, foi realizado, inicialmente, um estudo piloto. O cálculo amostral foi conduzido pelo programa G\*Power. Para tal, foram confeccionadas 5 amostras de cada material reparador, as quais foram armazenadas em água destilada por um período de 24 horas, a 37°C. Foi utilizado o teste a Priori F - ANOVA, considerando os seguintes parâmetros: tamanho do efeito = 12,65302, nível de significância = 0,05; poder estatístico  $(1-\beta) = 0,80$  e 4 grupos distintos. A partir disso, estabeleceu-se o número de 8 amostras para cada material reparador para cada tempo. Dessa forma, foram produzidas 8 amostras de cada material reparador para o tempo inicial de 24 horas (T0) e 8 para após a termociclagem (T1), totalizando 16 amostras.

Os grupos foram divididos em quatro de acordo com o material de reparo utilizado: Grupo *Flow* FGM - GFF (resina *flow* Opallis, FGM, Brasil), Grupo *Flow* Shofu - GFS (resina *flow* Beautifil Injectable XSL, Shofu, Japão), Grupo Resina Acrílica - GA (resina acrílica autopolimerizável Dêncor, Clássico, Brasil) e Grupo Resina Bisacrílica - GB (resina bisacrílica Primma Art FGM, Brasil).

### 4.3 CONFECÇÃO DAS AMOSTRAS

Foram confeccionados 16 discos cilíndricos de 18mm de diâmetro e 3 mm de espessura. Estes foram desenhados através do fluxo CAD (*computer-aided design*), no software Meshmixer (Autodesk Inc.) e impressos utilizando resina de impressão 3D para coroas provisórias (Prizma 3D BIOPROV - Markertech Labs, BRASIL) por meio da impressora 3D Phrozen Sonic Mini 4K (ODONTOMEGA) na inclinação vertical de 90°. Após impressão, foram seguidas as recomendações do fabricante para o tratamento dos discos: imersão por 5 minutos em álcool isopropílico a 99% e exposição à luz ultravioleta por 10 minutos (Figura 1).

Logo após, os discos foram incluídos, sobre uma placa de vidro, em buchas de redução de PVC, as quais possuíam 25mm de diâmetro, e foram fixados internamente com resina acrílica autopolimerizável incolor (JET, CLÁSSICO - BRASIL), para padronização das amostras (Figura 2).



Figura 1. Disco cilíndrico impresso nas dimensões de 18x3mm.



Figura 2. Cilindros incluídos em buchas de redução de PVC com resina acrílica autopolimerizável incolor.

Após a polimerização, foi realizada a regularização e polimento da superfície de teste das amostras com lixas d'água de granulação #320 e #600 (3M™ 211Q), respectivamente, pelo tempo de 1 minuto em máquina politriz circular (PVV, Teclago) com rotação de 170 RPM (Figura 3).



Figura 3. Máquina politriz circular para polimento e padronização das amostras.

Foram selecionados quatro tipos de materiais diferentes para o reparo das coroas provisórias impressas em 3D. Os materiais utilizados no presente estudo, bem como sua composição se encontram na Tabela 1.

Tabela 1 - Materiais usados no estudo e sua composição

Material/Grupo	Composição	Fabricante	Nome comercial
Resina bisacrílica GB - Cor A2	Monômeros metacrílicos (UDMA e TEGDMA), micropartículas de vidro de bário boro aluminossilicato, partículas de dióxido de silício, pigmentos inorgânicos e estabilizantes;	FGM	Primma ART
Resina <i>Flow</i> GFF - Cor A2	Micropartículas de bário-alumino silicato e dióxido de silício nanoparticulado, monômeros metacrílicos (TEGDMA, Bis(EMA), Bis(GMA)), canforoquinona, co-iniciadores, conservantes e pigmentos.	FGM	Opallis
Resina <i>Flow</i> GFS - Cor A2	Nanopartículas S-PGR, monômeros metacrílicos (TEGDMA, Bis(EMA), Bis(GMA)), canforoquinona, co-iniciadores, conservantes e pigmentos.	Shofu	Beautifil Injectable XSL
Resina Acrílica GA - Cor 62	Copolímero metil etil metacrilato, peróxido e pigmentos;	Clássico	Dêncor
Resina para impressão de coroas provisórias em 3D	Monômeros acrilados e triacrilados, sílica amorfa, partículas de carga, oligômeros meta-acrilados, diphenyl (2,4,6-trimethylbenzoyl) phosphine oxide	Markertech Labs	Prizma 3D BIOPROV

Abreviações: UDMA – uretano dimetacrilato; TEGDMA - trietileno glicol dimetacrilato; Bis(EMA) -bisfenol hidroxietil metacrilato; Bis-GMA - bisfenol A-glicidil metacrilato; S-PGR – partícula de vidro reativo.

Um guia para padronização dos corpos de prova (“rods”) foi confeccionado a partir do material polivinilsiloxano. O mesmo foi obtido por meio de duas medidas de pasta base e pasta catalisadora do Silicone de Adição Express™ XT Denso (3M, Estados Unidos), o qual, após manipulação, foi pressionado contra duas placas de vidro, posicionadas a uma distância de 2 mm por meio de duas moedas, cujas medidas foram devidamente aferidas por meio de especímetro digital, obtendo-se, então, uma

placa rígida com a espessura dessas. Após obtenção da placa, a mesma foi cortada e ajustada, e foram feitos furos com parafusadeira elétrica de bancada utilizando parafusos de 2 mm de diâmetro.

O guia de silicone de adição foi confeccionado com o objetivo de padronizar a obtenção dos *rods*. Dessa forma, após obtenção do guia, os diferentes materiais restauradores para reparo que foram aderidos à resina para impressão 3D de coroas provisórias possuíam 2 mm de comprimento e 2 mm de espessura. O guia foi fixado firmemente com uma fita adesiva sobre uma base impressa em resina *splint* para impressão 3D a fim de confeccionar os *rods* com os materiais reparadores (Figura 4 e 5).



Figura 4. Amostra posicionada em base impressa em resina *splint* para impressão 3D.

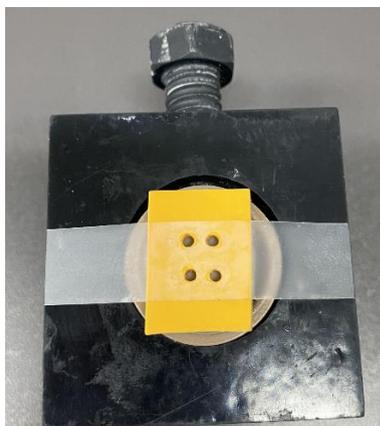


Figura 5. Guia em silicone posicionado sobre a amostra para confecção dos *rods*.

Para a confecção dos *rods*, a resina acrílica (GA) foi manipulada de acordo com a recomendação do fabricante: foi feita a pesagem do monômero e do polímero na proporção de 3:1 e a manipulação do material em pote dappen com espátula metálica por 20 segundos. A resina bisacrílica (GB) foi posicionada na pistola e manipulada com a ponta de automistura. Os materiais de reparo fotopolimerizáveis: resina *flow* FGM (GFF) e resina *flow* Shofu (GFS) foram polimerizados seguindo a recomendação dos fabricantes com fotopolimerizador Bluephase, (Ivoclar, Suíça) na densidade de potência de 800 mW/cm<sup>2</sup> e comprimento de onda de 450nm (Figura 6 a 9).



Figura 6. Posicionamento da resina *flow* Beautifil Injectable XSL (Shofu, Japão) na base de resina para impressão de coroas provisórias em 3D.



Figura 7. Posicionamento da resina *flow* Opallis (FGM, Brasil) na base de resina para impressão de coroas provisórias em 3D.

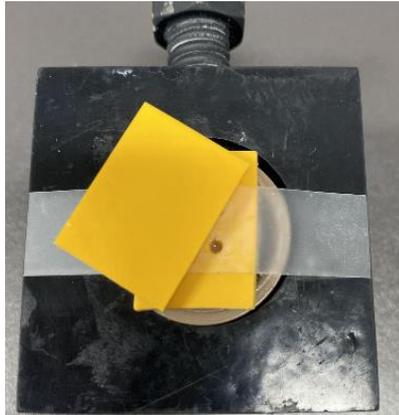


Figura 8. Proteção dos demais materiais para realização da fotopolimerização.

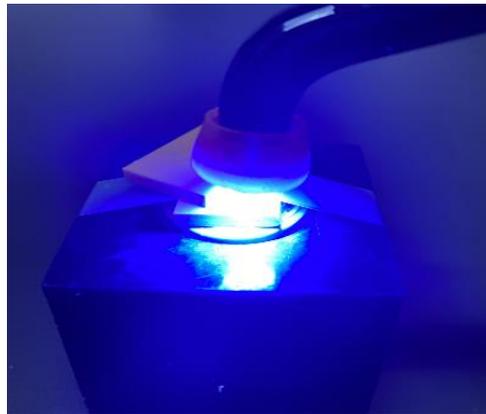


Figura 9. Fotopolimerização dos *rods* de resina *flow*.

Os materiais foram posicionados, gentilmente, com uma ponta de aplicação Precision Agulha N°2 (Maquira Dental Group, Brasil) e os excessos foram removidos com o auxílio de um microaplicador fino (Allprime Produtos Odontológicos, Brasil). Após a presa de todos os materiais de reparo, o guia em silicone foi removido cuidadosamente com o auxílio de uma lâmina de bisturi número 15. Foram produzidos o total de 64 *rods* de materiais restauradores de reparo na base de resina, para coroas provisórias impressas em 3D (Figura 10, 11 e 12).

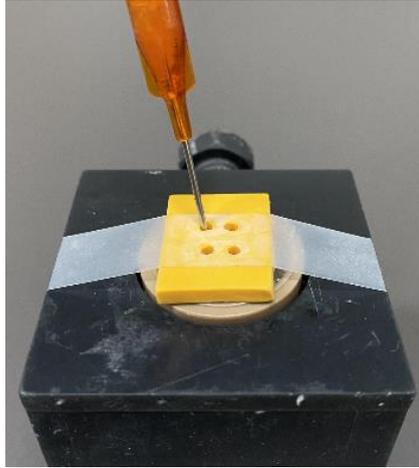


Figura 10. Posicionamento da resina acrílica autopolimerizável e resina bisacrílica com ponta de aplicação Precision Agulha N°2 na base de resina para impressão de coroas provisórias em 3D.

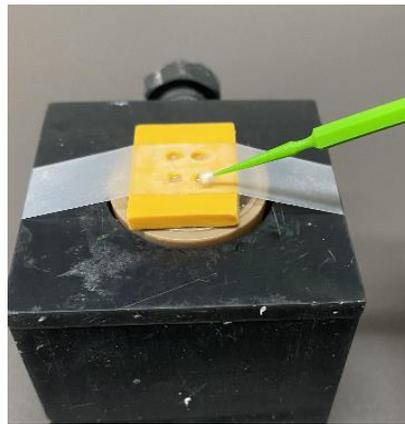


Figura 11. Remoção de excessos com microaplicador fino



Figura 12. Amostra finalizada e pronta para o armazenamento.

Após a confecção de todos os *rods*, 8 amostras foram armazenadas em água destilada por um período de 24h, a 37°C (T0), e as outras 8 amostras foram submetidas à termociclagem (T1) a 10.000 ciclos alternando banho de 30 segundos, em dois tanques com água a 5°C e 55°C, em máquina termocicladora (OMC 300, Odeme), a fim de simular um período de 12 meses de uso clínico (Figuras 13 e 14).



Figura 13. Termocicladora configurada para banho do grupo de amostras no T1 (termociclagem), durante 30 segundos para 10.000 ciclos



Figura 14. Temperatura da água alternada em 5°C e 55°C.

#### 4.4 TESTE MECÂNICO DE CISALHAMENTO

Após confecção de todos os corpos de prova, bem como hidratação em água destilada ou termociclagem de 10.000 ciclos, foi realizado o teste de cisalhamento em uma máquina de ensaio universal (DSES - 1000, Shimadzu Corporation, JAPÃO) com célula de carga de 5KN e velocidade de cruzeta de 0,5mm/min. O teste foi conduzido com ponta edentada em formato de cunha, posicionada próxima aos materiais de reparo. A força de cisalhamento foi registrada até a falha e, logo após, convertida em MPa (tensão de cisalhamento). (Figuras 15-17).



Figura 15A: Ponta edentada em formato de cunha posicionada na amostra  
 Figuras 15B e 15C. Amostra posicionada em base da máquina de ensaio universal para a realização do teste mecânico de cisalhamento

#### 4.5 ANÁLISE DO PADRÃO DE FRATURA

Após realização do teste mecânico de cisalhamento, foi realizada a análise do padrão do tipo de fratura de cada superfície testada. Utilizou-se um estereomicroscópio (Zeiss Stemi 2000C; Carl-Zeiss Microscopy, Alemanha). As superfícies foram observadas nas ampliações 2.0x e 2.5x. As capturas de imagens foram feitas a partir de uma câmera acoplada ao estereomicroscópio (Axiocam ERc; Carl-Zeiss Microscopy, Alemanha) e, posteriormente, medidas em um software (Fiji, ImageJ) a fim de avaliar a área de comprometimento do *rod* fraturado na base de resina em relação à área total do *rod*. Após a obtenção de todas as medidas, a proporção dessas foi transformada em porcentagem [47,48]. Em seguida, os padrões de fratura foram definidos em: Fratura Adesiva (FA), Fratura Coesiva (FC) e Fratura Mista (FM).

Definiu-se como Fratura Adesiva, os espécimes nos quais houve fratura do *rod* sem comprometimento do material da base, sendo que a fratura ocorreu apenas na interface adesiva. A Fratura Coesiva (75-100%) foi definida nos casos em que ocorreu fratura do *rod* ou do material de base. Na Fratura Mista (25-75%), houve fratura do *rod* comprometendo o material de base e apresentando, ainda, uma área de fratura adesiva sem comprometer a base.

#### 4.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

O programa JAMOV foi utilizado para avaliação estatística dos resultados do estudo. Foi realizada ANOVA de duas vias (tipo de material de reparo e tempo), sendo todos seguidos do teste de Tukey, com nível de significância de 5%.

## 5. RESULTADOS

Os fatores tipo de material de reparo, tempo de avaliação e a interação entre os fatores apresentaram significância ( $p < 0.001$ ) (Tabela 2).

Tabela 2 - Resultado da ANOVA de dois fatores para cada tipo de material de reparo e tempo de termociclagem

	Soma de Quadrados	gl	Quadrado médio	F	p
Reparo	31067	3	10355,7	322,7	< .001
Tempo	6231	1	6230,7	194,2	< .001
Tempo Reparo *	8310	3	2769,9	86,3	< .001
Resíduos	1797	55	32,5		

Após a realização do teste de Tukey (Tabela 3), em T0, o grupo GFS apresentou os maiores valores (MPa) de resistência ao cisalhamento (116,0 - 6,34) e GA apresentou os menores valores (MPa) (47,7 - 6,58) com  $p < 0.05$ . Em T1, houve redução nos valores de RU (MPa) para os grupos, com exceção do grupo GA, que apresentou aumento nos valores (65,1 - 7,92). O grupo GFS apresentou os maiores valores de RU (91,5 - 7,13) com  $p < 0.05$ . A figura 21 ilustra os valores de média (Mpa) dos grupos de materiais de reparo antes e após termociclagem.

Tabela 3 - Valores médios (desvio padrão) dos valores em Mpa de acordo com o material de reparo e termociclagem

Grupo	T0	T1
GFF	85,0 (3,35) Ba	40,3 (5,34) Cb
GFS	116,0 (6,34) Aa	91,5 (7,13) Ab
GA	47,7 (6,58) Db	65,1 (7,92) Ba
GB	59,1 (4,17) Ca	32,4 (1,62) Cb

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e médias seguidas da mesma letra minúscula na linha não diferem ao nível de 5% de significância ( $p < 0.05$ ) pelo teste de Tukey.

Tempo \* GRUPO

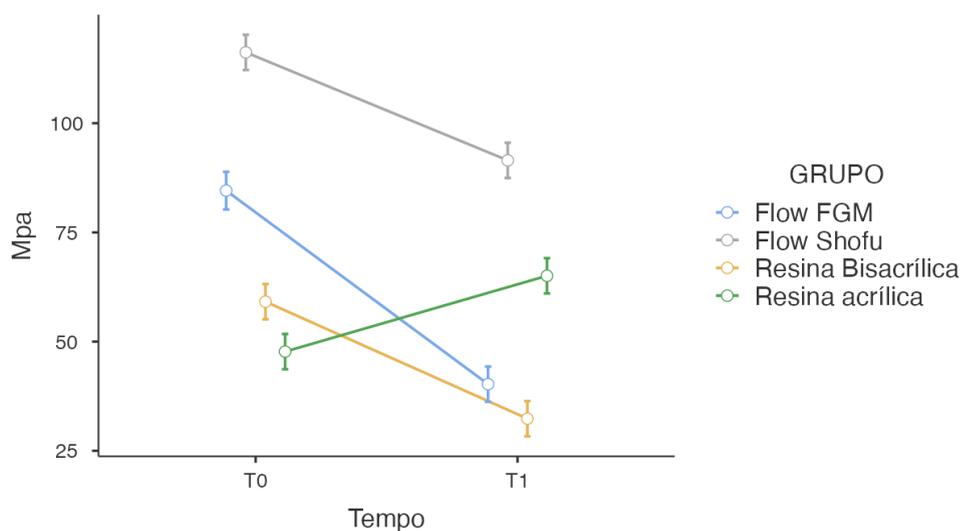


Figura 16. Valores de média (MPa) dos materiais utilizados para reparo antes e depois da termociclagem (T0-T1).

As porcentagens e os números absolutos do tipo de fratura de cada material de reparo para as 16 amostras em T0 e T1 foram retratados na Tabela 4. As imagens dos tipos de fratura observadas em estereomicroscópio encontram-se nas figuras 17, 18, 19A e 19B.

Tabela 4 - Porcentagem e número absoluto dos padrões de fratura das 16 amostras em T0 (tempo de 24 horas) e T1 (após termociclagem)

	<b>GFS T0</b>	<b>GA T0</b>	<b>GB T0</b>	<b>GFF T0</b>	<b>GFS T1</b>	<b>GA T1</b>	<b>GB T1</b>	<b>GFF T1</b>
<b>FA</b>	50 % (4)	62,5% (5)	75% (6)	62,5% (5)	37,5% (3)	62,5% (5)	100% (8)	62,5% (5)
<b>FC</b>	12,5% (1)	0% (0)	0% (0)	0% (0)	0% (0)	12,5% (1)	0% (0)	0% (0)
<b>FM</b>	37,5% (3)	37,5% (3)	25% (2)	37,5% (3)	62,5% (5)	25% (2)	0% (0)	37,5% (3)

(FA: fratura adesiva, FC: fratura coesiva e FM: fratura mista)

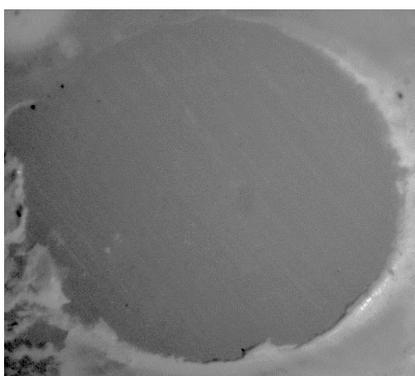
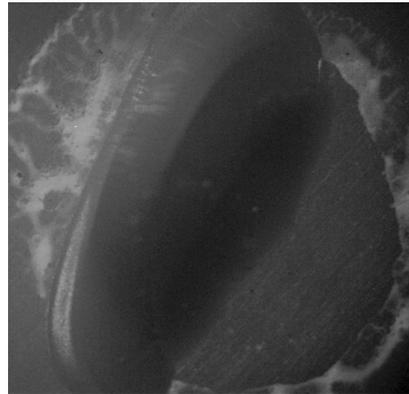
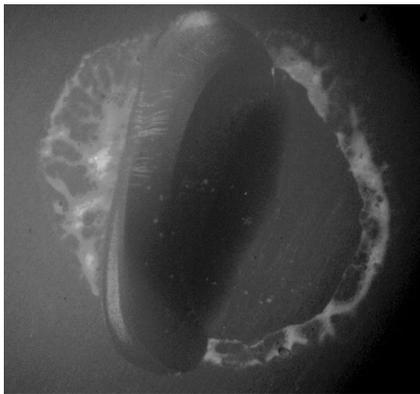


Figura 17. Fratura do tipo adesiva em espécime do grupo GB em T1. Magnificação de 2x.



Figura 18. Fratura do tipo Coesiva em espécime do grupo GA em T1. Magnificação de 2x.



Figuras 19A e 19B. Fratura do tipo mista em espécime do grupo GFS em T0.  
Magnificação de 2x e 2,5x, respectivamente,

## 6. DISCUSSÃO

Dentre os diversos desafios na utilização de materiais para confecção de restaurações provisórias, pode-se citar a necessidade do procedimento de reparo. Em muitos casos, durante sua permanência no meio bucal, as coroas provisórias precisam ser reparadas para correção de pontos de contato, refinamento da adaptação marginal, redefinição de ângulos ou, até mesmo, modificação dos contornos da restauração. Os materiais utilizados para restaurações provisórias impressas em 3D, ainda não são amplamente estudados, o que pode limitar a utilização desses, apesar de suas inúmeras vantagens [19,40-43].

Nesse estudo, foi testada a Resistência de União (RU) de resina para impressão em 3D para confecção de coroas provisórias a quatro materiais diferentes utilizados para reparo. Utilizou-se para esse fim, o teste de cisalhamento que tem sido utilizado em outros estudos para avaliar a RU entre duas superfícies [19,40-44,48,52,55-57]. As hipóteses nulas propostas foram rejeitadas pois houve influência do tipo de material e da termociclagem. Os materiais de reparo testados apresentaram diferença estatística significativa na RU entre si antes e após a termociclagem. Isso confirma que os materiais de reparo apresentam comportamentos diferentes de acordo com as suas propriedades e composições, bem como o material de base utilizado [19]. A maioria dos estudos que avaliaram a RU de reparos em resinas impressas em 3D ou fresadas por CAD/CAM, realizaram o envelhecimento das amostras por meio da termociclagem, na qual as amostras foram submetidas a diversos ciclos e expostas a temperaturas alternadas de 5°C e 55°C a fim de observar a influência desse fenômeno no procedimento de reparo [15,18,40,42,43]. O presente estudo corrobora o trabalho de Li et. al (2021) no qual foram utilizados 10.000 ciclos para a termociclagem das amostras [42].

Para que o procedimento de reparo seja realizado com sucesso, é de extrema importância que haja compatibilidade, bem como capacidade de formação de ligações entre o substrato e o material reparador. Viotto et. al demonstraram que a incompatibilidade entre os materiais pode gerar altas taxas de fraturas coesivas, bem como baixa RU [51]. A longevidade do reparo está relacionada à resistência formada entre o substrato e a resina de reparo, que por sua vez, é influenciada pela presença

de ligações C=C não convertidas presentes na interface [52]. Essas ligações, entretanto, não são abundantes na resina para impressão em 3D, quando comparada à resina acrílica convencional [53]. Além disso, o grau de compatibilidade entre resinas impressas em 3D e resinas de reparo ainda não é claro na literatura [43]. Estudos anteriores [19,43] relataram que o reparo de restaurações provisórias impressas em 3D não é tão eficiente quanto refazer o trabalho. Contudo, apesar das pequenas alterações que ocorrem, as quais são aceitáveis, é possível realizar o reparo com resinas compostas à base de Bis-GMA, sendo alcançadas características adequadas e desejáveis, como boa adesão e estética satisfatória.[19].

No presente estudo, o preparo de superfície foi realizado com discos de lixas de granulação #320 e #600, respectivamente, o que pode ter influenciado nos valores de RU, uma vez que esse tratamento gera irregularidades na superfície, as quais melhoram a molhabilidade ao aumentar a energia de superfície [42]. Esse fato permite uma maior penetração da resina de reparo e, conseqüentemente, melhor resistência ao cisalhamento e melhor adesão. A utilização de discos de lixas pode substituir o uso de pontas diamantadas para o polimento das amostras, tendo em vista que usa uma força uniformizada e é de mais fácil emprego em ambiente laboratorial. Os tratamentos de superfície podem variar de acordo com os materiais de reparo utilizados, o que afeta diretamente a RU. [42,43].

Os resultados da RU obtidos nesse estudo vão ao encontro do padrão ISO 10.477 – 2020 [62] que estabelece os limite mínimos para o teste de cisalhamento, tendo em vista que a norma estipula o valor de 5 Mpa como o menor possível. Os menores valores obtidos nesse estudo foram de 47,7 MPa no grupo GA em T0, bem como 32,4 Mpa no grupo GB em T1, o que obedece ao padrão exigido.

O grupo GFS apresentou os maiores valores de RU à resina de impressão da base tanto no T0 quanto no T1. Esse achado vai ao encontro ao estudo de Hagge [15] que apontou a resina *flow* com excelentes resultados de RU quando aderida a uma base de resina bisacrílica e de Dewan [41], no qual a resina composta apresentou melhor RU à resina para impressão 3D quando comparada ao PMMA. A presença de Bis-GMA na composição desse material pode ter contribuído para os valores obtidos, tendo em vista que possui uma ligação mais duradoura com a base de resina para impressão em 3D [43]. Porém, não se sabe ainda quais as propriedades específicas do Bis-GMA que garantem boa união à resina para impressão em 3D. Acredita-se que

a presença desse monômero em grande quantidade na matriz orgânica, associado a partículas de carga promovem maior adesão e, conseqüentemente, maior RU [15,19,40-45].

O grupo GFF apresentou os segundos melhores valores de RU no tempo inicial (T0), os quais decresceram após a termociclagem (T1). Os resultados encontrados estão de acordo aos estudos nos quais materiais à base de Bis-GMA apresentam melhor união à resina para impressão [15,19,40-45]. Além disso, a viscosidade da resina e o tratamento de superfície do substrato afetam a RU do reparo [54,55]. A RU de espécimes reparados aumentou quando a fluidez da resina utilizada era maior, uma vez que permitiu que o material fluísse livremente para as áreas microrretentivas geradas [54].

Em relação aos menores valores encontrados no grupo GFF quando comparados ao grupo GFS, essa alteração pode ter ocorrido devido à composição dessas resinas fluídas, tendo em vista que a Resina *Flow* (FGM, Brasil) apresenta em sua composição micropartículas de bário-alumino silicato e dióxido de silício nanoparticulado, enquanto a Resina *Flow* (Shofu, Japão) é composta por nanopartículas S-PGR. A presença de nanopartículas S-PGR (*Surface pre-reacted glass*) pode ter contribuído para uma melhor ligação ao material de base, pois permite melhor resistência ao desgaste, bem como boas características mecânicas. Além disso, devido à sua capacidade de liberação de íons, as partículas S-PRG possuem um núcleo de vidro, coberto por uma fase ionômérica pré-reagida e uma camada superficial reforçada, protegendo-o dos efeitos da umidade e melhorando a durabilidade do material [58].

Ainda em T0, a Resina Acrílica (grupo GA) apresentou os menores valores de RU à resina para impressão, contrariando os resultados dos estudos de Chen [18] e Palavicini [38] nos quais apresentou os melhores resultados. Contudo, a redução nos valores apresentados pode ter ocorrido devido ao protocolo de preparo de superfície realizado. Em alguns trabalhos - indo ao encontro do presente estudo - o protocolo de reparo foi realizado após preparo de superfície com lixas de granulação 320, seguida da 600 [37,52,56] . Entretanto, um estudo atual [39] comparou diversos preparos de superfície e concluiu que a asperização da superfície de resina para impressão 3D para bases de prótese total com lixas de granulação 180 ou com abrasão a ar com partículas de alumínio melhorou de forma significativa a RU. Outros estudos [19,40,42]

também demonstraram melhora na RU entre a resina acrílica e resina impressa em 3D após a utilização de jateamento com óxido de alumínio na superfície. Concluiu-se também que a maior rugosidade está associada a melhor retenção mecânica e, conseqüentemente, maior RU entre os materiais [39].

Neste estudo, após a termociclagem (T1) houve uma diminuição na RU para todos os grupos, com exceção do grupo GA. Esses achados corroboram o estudo de Li e colaboradores [42], no qual a termociclagem, depois de 10.000 ciclos, reduziu significativamente a RU de materiais reparadores à resina para impressão em 3D. Nesse sentido, o processo de termociclagem pode ter reduzido as propriedades mecânicas dos materiais reparadores, tendo em vista que, a termociclagem frequentemente afeta a resistência flexural da resina de base devido ao efeito plastificante da água. A exposição a ciclos repetidos de mudanças térmicas faz com que o estresse nas amostras aumente, devido à diferença nos coeficientes de expansão térmica entre os dois tipos de materiais utilizados. A termociclagem simula mudanças nas temperaturas que ocorrem na cavidade oral e induz fadiga no material devido à expansão e contração repetidas, o que, por sua vez, pode quebrar a união do reparo. Além disso, a imersão em água durante a termociclagem pode resultar na hidrólise da superfície do polímero [43]. Em relação a GA, o aumento dos valores após T1 podem ter acontecido devido à sensibilidade do material a variações de temperatura, diferente dos outros materiais de reparo utilizados. No caso da resina acrílica, o aumento da temperatura gera um aumento na taxa de conversão dos monômeros o que pode esclarecer o aumento nos valores da RU após a termociclagem [50].

A Resina Bisacrílica possui em sua composição monômeros metacrílicos (UDMA e TEGDMA), micropartículas de vidro de bário boro aluminossilicato, partículas de dióxido de silício, pigmentos inorgânicos e estabilizantes. Esses componentes garantem características desejáveis a esse material, como baixa liberação de calor, redução dos monômeros residuais, baixa contração de polimerização, capacidade de reparo e estética satisfatória [15,17,37,50]. No presente estudo, o grupo GB apresentou os menores resultados no tempo inicial (T0) quando comparado ao grupo GFF e GFS, porém maiores resultados que a Resina Acrílica (grupo GA). Após a termociclagem (T1), o grupo GA apresentou os segundos melhores resultados de RU quando comparado ao grupo GFS. Esses resultados corroboram o estudo de Dewan et. al (2023), no qual a resina acrílica apresentou maior

RU. Entretanto, vão contra os resultados obtidos por outros autores em estudos que os valores de RU de uma resina à base de PMMA foram menores do que a resina bisacrílica quando ligadas à resina para impressão em 3D [52,56]. Isso foi explicado pelo fato da resina bisacrílica fluir livremente na matriz do substrato e formar uma rede polimérica mais forte do que a resina acrílica [52]. Logo, o reparo de resina para impressão em 3D com resina bisacrílica denota uma adesão mais confiável e duradoura, quando comparada à resina acrílica [43,57].

No grupo GFS apesar de ter ocorrido uma diminuição nos valores após a termociclagem (T1), apresentou os maiores valores de RU comparado aos outros grupos, corroborando os estudos nos quais materiais com base em resina composta apresentaram os melhores resultados [15,40,41,44,45]. Ao comparar o GFS e GFF com o grupo GA, os dois primeiros apresentaram valores maiores de RU. Sabe-se que os materiais resinosos possuem uma série de vantagens devido ao fato de possuírem matriz resinosa e partículas de carga em sua composição, o que permite bom aspecto estético, boa adaptação marginal, maior adesão e, conseqüentemente, valores maiores de resistência de união. Em contraste, os materiais de reparo à base de PMMA podem possuir menor adesão devido às suas características e capacidade de ligação reduzida [46].

De acordo com os padrões de fratura observados, houve um aumento das fraturas adesivas (FA) em todos os materiais, exceto no GFS, após termociclagem. O GFS apresentou aumento estatisticamente significativo nas fraturas mistas (FM). Esse padrão de fratura confirma os resultados encontrados nesse estudo, após teste mecânico de cisalhamento, no qual o GFS apresentou uma adesão mais confiável como material reparador e vai ao encontro à revisão sistemática recentemente publicada, na qual os materiais com Bis-GMA apresentaram padrão de fratura mista e melhor adesão [43]. As fraturas adesivas, por sua vez, foram as mais frequentes no presente estudo e denotam uma pobre interação química entre os materiais, o que resulta em uma ligação fraca. Observou-se também que nos grupos GFF e GFS, a fratura coesiva foi quase inexistente. Isso pode ser explicado pela diferença química entre a resina *flow* e o material de base. Corroborando esse achado, estudos [52,59] mostraram um alto índice de fraturas coesivas quando a resina *flow* foi utilizada como material de reparo em substratos à base de resina bisacrílica em comparação a substratos à base de PMMA. Padrões de fratura devem ser bem observados quando se trata de reparo, já que para eleger um material restaurador de reparo, é

fundamental que esse possua boa interação com o material de base a fim de promover longevidade ao procedimento [43,52]. O estudo de Li et. al (2021) demonstrou que no reparo de resinas impressas em 3D ocorria um padrão de fratura misto, com uma linha de ruptura atravessando a matriz desse material. A partir disso, os autores especularam que o monômero da resina de reparo se infiltrou na matriz polimérica da resina para impressão em 3D e foi reticulado com ligações C=C não reagidas [42,43].

Os efeitos do MMA, porém, ainda são questionáveis para a composição de resinas impressas em 3D pelo fato da camada recém-reticulada direcionar a região de fratura para dentro da matriz da resina impressa na interface adesiva. Além disso, a orientação da impressão pode afetar a interface de reparo. Amostras impressas a 90° possuem superfícies paralelas à direção de formação das camadas, permitindo que a separação entre camadas consecutivas ocorra mais facilmente do que na interface do reparo. Entretanto, o preparo mecânico da superfície pode expandir a área de adesão e promover retenção mecânica [42]. Por esse motivo, é fundamental que haja uma área de reparo ampla para que ocorra uma adesão mais efetiva [19,43]. A fim de aumentar a RU entre o substrato e o material de reparo, deve-se promover a retenção mecânica e aumentar a área de superfície do reparo por meio da asperização da superfície ou aplicação de agentes de união para melhorar a interação química entre os materiais [57]. Sabe-se que superfícies tratadas apresentam aumento da rugosidade quando comparadas a superfícies não tratadas e quanto maior a rugosidade da superfície, maior a retenção mecânica, e, conseqüentemente, maior a união entre os materiais [60].

Quando ocorrem falhas e desgastes em restaurações provisórias, deve-se, de imediato, ajustá-las, uma vez que podem ocorrer prejuízos ao remanescente dentário e, conseqüentemente, ao tratamento restaurador final [52]. Nesse contexto, em alguns casos, pode ser necessário confeccionar uma nova restauração provisória. Entretanto, quando possível, a realização do reparo pode ser mais econômica. Estudos apontam que materiais à base de compósitos como a resina composta de viscosidade convencional e do tipo *flow* são os melhores materiais para esse procedimento [43], tendo em vista a melhor adesão, adaptação de reparo e estética, o que, conseqüentemente, gera durabilidade e satisfação. Esses fatores são primordiais na escolha do melhor material de reparo para coroas provisórias produzidas por impressão em 3D.

No entanto, devido à pequena quantidade de estudos a esse respeito, novos estudos clínicos devem ser realizados a fim de testar esses materiais, bem como outros tipos de resinas impressas e verificar o tratamento de superfície mais adequado. Dentre as limitações desse estudo, pode-se citar a utilização de um tipo específico de resina para impressão de coroas provisórias em 3D e a utilização do teste de cisalhamento, que por sua vez, apresenta limitações de padronização, pois dispõe de diferentes formas de pontas aplicadoras de tensão, bem como a ocorrência de variação da ponta em relação ao material de base. Sabe-se que quanto maior essa distância, menor é a resistência ao cisalhamento na interface analisada. Logo esse teste apresenta imperfeições em seu desenho, o que pode ter afetado os resultados do presente estudo.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que a resina *flow* pode ser considerada um material de escolha no reparo de coroa provisória produzida por impressão em 3D e que a termociclagem influenciou nos valores de resistência de união.

## REFERÊNCIAS

1. Singla, M.; Padmaja, K.; Arora, J.; Shah, A. Provisional restorations in fixed prosthodontics. *Int. Dent. Res.* 2014, 1, 148–151.
2. Lodding, D.W. Long-term esthetic provisional restorations in dentistry. *Curr. Opin. Cosmet. Dent.* 1997, 4, 16–21
3. Burns DR, Beck DA, Nelson SK, Committee on Research. Fixed prosthodontics of the academy of fixed P. A review of selected dental literature on contemporary provisional fixed prosthodontic treatment: report of the committee on research in fixed prosthodontics of the academy of fixed prosthodontics. *J Prosthet Dent* 2003;90:474e97.
4. Kaiser DA, Cavazos E Jr. Temporization techniques in fixed prosthodontics. *Dent Clin North Am* 1985;29:403-12
5. Amin AE. The effect of poly-aramide fiber reinforcement on the transverse strength of a provisional crown and bridge resin. *Egypt Dent J* 1995;41:1299-304
6. Christensen GJ. Tooth preparation and pulp degeneration. *J Am Dent Assoc* 1997;128:353-4

7. Lui JL, Setcos JC, Phillips RW. Temporary restorations: a review. *Oper Dent* 1986;11:103-10.
8. Young HM, Smith CT, & Morton D (2001) Comparative in vitro evaluation of two provisional restorative materials *Journal of Prosthetic Dentistry* 85(2) 129-132.
9. Tjan AH, Castelnuovo J, & Shiotsu G (1997) Marginal fidelity of crowns fabricated from six proprietary provisional materials *Journal of Prosthetic Dentistry* 77(5) 482-485.
10. Nejatidanesh F, Lotfi HR, & Savabi O (2006) Marginal accuracy of interim restorations fabricated from four interim autopolymerizing resins *Journal of Prosthetic Dentistry* 95(5) 364-367.
11. Bidra, A.S.; Taylor, T.D.; Agar, J.R. Computer-aided technology for fabricating complete dentures: Systematic review of his-torical background, current status, and future perspectives. *J. Prosthet. Dent.* **2013**, *109*, 361–366.
12. Schweiger, J.; Stumbaum, J.; Edelhoff, D.; Güth, J.-F. Systematics and concepts for the digital production of complete den-tures: Risks and opportunities. *Int. J. Comput. Dent.* **2018**, *21*, 41–56.

13. Balestra D, Lowther M, Goracci C, Mandurino M, Cortili S, Paolone G, Louca C, Vichi A. 3D Printed Materials for Permanent Restorations in Indirect Restorative and Prosthetic Dentistry: A Critical Review of the Literature. *Materials (Basel)*. 2024 Mar 18;17(6):1380. doi: 10.3390/ma17061380. PMID: 38541534; PMCID: PMC10971886.
14. Nam N.-E., Hwangbo N.-K., Kim J.-E. Effects of Surface Glazing on the Mechanical and Biological Properties of 3D Printed Permanent Dental Resin Materials. *J. Prosthodont. Res.* 2023 doi: 10.2186/jpr.JPR\_D\_22\_0026.
15. Hagge MS, Lindemuth JS, & Jones AG (2002) Shear bond strength of bis-acryl composite provisional material repaired with flowable composite *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*
16. Hammond BD, Cooper JR III, & Lazarchik DA (2009) Predictable repair of provisional restorations *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry* 21(1) 19-24; discussion 5
17. Bohnenkamp DM, & Garcia LT (2004) Repair of bis-acryl provisional restorations using flowable composite resin *Journal of Prosthetic Dentistry* 92(5) 500-502.
18. Chen HL, Lai YL, Chou IC, Hu CJ, & Lee SY (2008) Shear bond strength of provisional restoration materials repaired with light-cured resins *Operative Dentistry* 33(5) 508-515.

19. Albahri R et al. (2020), Shear bond strength of provisional repair materials bonded to 3D printed resin, Journal of Dental Sciences, <https://doi.org/10.1016/j.jds.2020.05.003>
20. Federick DR. The provisional fixed partial denture. J Prosthet Dent 1975; 34:520-6.
21. Zinner ID, Trachtenberg DI, Miller RD. Provisional restorations in fixed partial prosthodontics. Dent Clin North Am 1989;33:355-77.
22. David G Gratton, Steven A Aquilino, Interim restorations, Dental Clinics of North America, Volume 48, Issue 2, 2004, Pages 487-497, ISSN 0011-8532, <https://doi.org/10.1016/j.cden.2003.12.007>.
23. Gegauff AG, Holloway JA. Provisional restorations. In: Rosenstiel SF, Land MF, Fujimoto J, editors. Contemporary fixed prosthodontics. St. Louis: Mosby; 2001. p. 380–416.
24. Fox K, Gutteridge DL. An in vitro study of coronal microleakage in root-canal-treated teeth restored by the post and core technique. Int Endod J 1997;30:361–8

25. Baldissara P, Comin G, Martone F, Scotti R. Comparative study of the marginal microleakage of six cements in fixed provisional crowns. *J Prosthet Dent* 1998;80:417–22.
26. Scala R, Ghensi P, Cucchi A, Pistoia E. Postextraction implant placement with immediate provisionalisation and finalisation, using a simplified technique: technical notes and a case report. *Open Dent J*. 2012;6:164-9. doi: 10.2174/1874210601206010164. Epub 2012 Oct 5. PMID: 23091576; PMCID: PMC3474943.
27. Donaldson D. The etiology of gingival recession associated with temporary crowns. *J Periodontol* 1974;45:468–71.
28. Castelnuovo J, Tjan AH. Temperature rise in pulpal chamber during fabrication of provisional resinous crowns. *J Prosthet Dent* 1997;78:441–6
29. Moulding MB, Loney RW. The effect of cooling techniques on intrapulpal temperature during direct fabrication of provisional restorations. *Int J Prosthodont* 1991;4:332–6.
30. Moulding MB, Loney RW, Ritsco RG. Marginal accuracy of provisional restorations fabricated by different techniques. *Int J Prosthodont* 1994;7:468–72.

31. Alghauli MA, Alqutaibi AY, Borzangy S. Clinical benefits of immediate dentin sealing: A systematic review and meta-analysis. *J Prosthet Dent*. 2024 Apr 2:S0022-3913(24)00206-3. doi: 10.1016/j.prosdent.2024.03.014. Epub ahead of print. PMID: 38570282.
32. Fox CW, Abrams BL, Doukoudakis A. Provisional restorations for altered occlusions. *J Prosthet Dent* 1984;52:567–72
33. Crispin BJ, Watson JF, Caputo AA. The marginal accuracy of treatment restorations: a comparative analysis. *J Prosthet Dent* 1980;44:283–90
34. Zaharia, C.; Gabor, A.G.; Gavrilovici, A.; Stan, A.T.; Idorasi, L.; Sinescu, C.; Negruțiu, M.L. Digital dentistry—3D printing applications. *J. Interdiscip. Med.* **2017**, *2*, 50–53]
35. Goodacre, B.J.; Goodacre, C.J. Additive manufacturing for complete denture fabrication: A narrative review. *J. Prosthodont.* **2022**, *31*, 47–51.
36. Tahayeri, A.; Morgan, M.; Fugolin, A.P.; Bompolaki, D.; Athirasala, A.; Pfeifer, C.S.; Ferracane, J.L.; Bertassoni, L.E. 3D printed versus conventionally cured provisional crown and bridge dental materials. *Dent. Mater.* **2018**, *34*, 192–200

37. Shim J, Park Y, Manaloto A, Shin S, Lee J, Choi Y, Ryu J. Shear bond strength of four different repair materials applied to bis-acryl resin provisional materials measured 10 minutes, one hour, and two days after bonding. *Oper Dent*. 2014 Jul-Aug;39(4):E147-53. doi: 10.2341/13-196-L. PMID: 24967988.

38. Palavicini J, Quin SL, Zakkour W, Zakkour K, Manafi Varkiani S, Xu X, Lawson NC, Nejat AH. Bond Strength of Reline Materials to 3D-Printed Provisional Crown Resins. *Polymers (Basel)*. 2023 Sep 13;15(18):3745. doi: 10.3390/polym15183745. PMID: 37765598; PMCID: PMC10537094.

39. Gibreel M, Perea-Lowery L, Garoushi S, Wada J, Lassila L, Vallittu P. Effect of different surface treatments on shear bond strength of autopolymerizing repair resin to denture base materials processed with different technologies. *J Prosthodont Res*. 2024 Feb 1. doi: 10.2186/jpr.JPR\_D\_23\_00149. Epub ahead of print. PMID: 38296526.

40. Gad, M.M.; Albazroun, Z.; Aldajani, F.; Elakel, A.M.; El Zayat, M.; Akhtar, S.; Khan, S.Q.; Ali, S.; Rahoma, A.M. Repair Bond Strength of Conventionally and Digitally Fabricated Denture Base Resins to Auto-Polymerized Acrylic Resin: Surface Treatment Effects In Vitro. *Materials* 2022, 15, 9062.

<https://doi.org/10.3390/ma15249062>

41. Dewan H, Sayed ME, Jundus A, Gharawi M, Baeshen S, Alali M, Almarzouki M, Jokhadar HF, AlResayes SS, Al Wadei MHD, Thubab A, Abu Illah MJ, Moafa A.

Shear Strength of Repaired 3D-Printed and Milled Provisional Materials Using Different Resin Materials with and without Chemical and Mechanical Surface Treatment. *Polymers (Basel)*. 2023 Oct 31;15(21):4284. doi: 10.3390/polym15214284. PMID: 37959963; PMCID: PMC10648486.

42. Li P, Krämer-Fernandez P, Klink A, Xu Y, Spintzyk S. Repairability of a 3D printed denture base polymer: Effects of surface treatment and artificial aging on the shear bond strength. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2021 Feb;114:104227. doi: 10.1016/j.jmbbm.2020.104227. Epub 2020 Nov 27. PMID: 33279875.

43. Gad MM, Abualsaud R. Effect of repair and surface treatments on the strength of digitally fabricated resin-based dental prostheses: A systematic review of in vitro studies. *J Dent*. 2024 Feb;141:104806. doi: 10.1016/j.jdent.2023.104806. Epub 2023 Dec 27. PMID: 38154701.

44. Lee K.-S., Shin M.-S., Lee J.-Y., Ryu J.-J., Shin S.-W. Shear bond strength of composite resin to high performance polymer PEKK according to surface treatments and bonding materials. *J. Adv. Prosthodont*. 2017;9:350–357. doi: 10.4047/jap.2017.9.5.350.

45. Ruwaida Z.A., Dalea M.B., Mohammed A.A., Naflaa O.A., Abeer H.A., Hayam A.A. Repair of temporary fixed dental prostheses using a flowable resin composite: Effect of material, bonding, and aging. *Saudi Dent. J*. 2021;33:495–502.

46. Demarco F.F., Corrêa M.B., Cenci M.S., Moraes R.R., Opdam N.J.M. Longevity of posterior composite restorations: Not only a matter of materials. *Dent. Mater. Off. Publ. Acad. Dent. Mater.* 2012;28:87–101. doi: 10.1016/j.dental.2011.09.003.
47. Tabata LF, Hilgert LA, Pereira ALC, Ribeiro APD, Pereira PNR. Microshear bond strength of resin cement to glass-ceramics after intaglio surface staining. *J Prosthet Dent [Internet]*. 2022;1–6. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2021.11.017>
48. Qaw MS, Abushowmi TH, Almaskin DF, AlZaher ZA, Gad MM, Al-Harbi FA, et al. A Novel Approach to Improve Repair Bond Strength of Repaired Acrylic Resin: An in Vitro Study on the Shear Bond Strength. *J Prosthodont.* 2020;29(4):323–33.
49. Makertech Labs 3D Solutions. Resina priZma 3D Bio Crown - Características do Produto [PDF]. Available from: FISPQ\_MAKERTECH LABS- PRIZMA BIO PROV
50. ANUSAVICE, K.J. Phillips materiais dentários. 12. ed. Rio de Janeiro: GEN Guanabara Koogan, 2013.
51. H.E. do C. Viotto, M.D.D. Silva, T.S.B.S. Nunes, S.R.G. Coelho, A.C. Pero, Effect of repair methods and materials on the flexural strength of 3D-printed denture base

resin, *J. Adv. Prosthodont.* 14 (2022) 305–314, [https://doi.org/10.4047/](https://doi.org/10.4047/jap.2022.14.5.305)

[jap.2022.14.5.305](https://doi.org/10.4047/jap.2022.14.5.305)

52. K.-W. Jeong, S.-H. Kim, Influence of surface treatments and repair materials on the shear bond strength of CAD/CAM provisional restorations, *J. Adv. Prosthodont.* 11 (2019) 95–104, <https://doi.org/10.4047/jap.2019.11.2.95>

53. V. Prpić, Z. Schaperl, A. Catić, N. Dulčić, S. Cimić, Comparison of mechanical properties of 3D-printed, CAD/CAM, and conventional denture base materials, *J. Prosthodont.* 29 (2020) 524–528, <https://doi.org/10.1111/jopr.13175>.

54. F. Papacchini, E. Magni, I. Radovic, C. Mazzitelli, F. Monticellia, C. Goracci, A. Polimeni, M. Ferrari, Effect of intermediate agents and pre-heating of repairing resin on composite-repair bonds, *Oper. Dent.* 32 (2007) 363–371, <https://doi.org/10.2341/06-105>.

55. M. Ozcan, P. Alander, P.K. Vallittu, M.-C. Huysmans, W. Kalk, Effect of three surface conditioning methods to improve bond strength of particulate filler resin composites, *J. Mater. Sci. Mater. Med.* 16 (2005) 21–27, <https://doi.org/10.1007/s10856-005-6442-4>.

56. Ha, SR., Kim, SH., Lee, JB. *et al.* Improving shear bond strength of temporary crown and fixed dental prosthesis resins by surface treatments. *J Mater Sci* **51**, 1463–1475 (2016). <https://doi.org/10.1007/s10853-015-9466-2>

57. N.-K. Lim, S.-Y. Shin, Bonding of conventional provisional resin to 3D printed resin: the role of surface treatments and type of repair resins, *J. Adv. Prosthodont.* 12 (2020) 322–328, <https://doi.org/10.4047/jap.2020.12.5.322>.
58. Bastos NA, Bitencourt SB, Martins EA, De Souza GM. Review of nano-technology applications in resin-based restorative materials. *J Esthet Restor Dent.* 2021 Jun;33(4):567-582. doi: 10.1111/jerd.12699. Epub 2020 Dec 24. PMID: 33368974.
59. R.Z. Alshali, D.M. Bukhary, M.A. AlQahtani, N.O. Alenazi, A.H. Alzahrani, H. A. Alobaid, Repair of temporary fixed dental prostheses using a flowable resin composite: effect of material, bonding, and aging, *Saudi Dent. J.* 33 (2021) 495–502, <https://doi.org/10.1016/j.sdentj.2020.09.007>.
60. H.N. Asli, S. Rahimabadi, Y.B. Hemmati, M. Falahchai, Effect of different surface treatments on surface roughness and flexural strength of repaired 3D-printed denture base: an in vitro study, *J. Prosthet. Dent.* 126 (2021) 595.e1–595.e8, <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2021.07.005>.
61. M.M. Gad, S.M. Fouda, R. Abualsaud, F.A. Alshahrani, A.M. Al-Thobity, S.Q. Khan, S. Akhtar, I.S. Ateeq, M.A. Helal, F.A. Al-Harbi, Strength and surface properties of a 3D-printed denture base polymer, *J. Prosthodont.* 31 (2022) 412–418, <https://doi.org/10.1111/jopr.13413>.

62. International Standard. Dentistry — Polymer-based crown and veneering materials. ISO 10477, Fourth Edition 2020-10. Available in: [ISO-10477-2020.pdf \(iteh.ai\)](#).

## PRESS RELEASE

Coroas provisórias são usadas frequentemente em odontologia durante o tratamento de prótese. Nesse contexto, é comum que ocorra a necessidade de reparo devido a fraturas ou desgastes, os quais podem afetar negativamente as funções das coroas provisórias. Recentemente, surgiram no mercado as resinas para impressão de coroas provisórias em 3D. Por ser um material novo no mercado, há poucos estudos referentes ao procedimento de reparo nesse material. Logo, esse estudo avaliou quatro materiais utilizados para o reparo de resinas para impressão de coroas provisórias em 3D. O material que apresentou os melhores resultados foi a resina *flow*. Porém, novos estudos clínicos precisam ser conduzidos a fim de avaliar os materiais reparadores à resina para impressão de coroas provisórias em 3D.