



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE**  
**CURSO DE ODONTOLOGIA**

**HELOISA ÉMILLY DA SILVA SANTOS**

**COMPARAÇÃO ENTRE RESINA ACRÍLICA CONVENCIONAL E RESINA  
IMPRESSA 3D PARA PRÓTESES PROVISÓRIAS: UM ESTUDO *IN VITRO*  
SOBRE RUGOSIDADE SUPERFICIAL, DUREZA E RESISTÊNCIA  
MECÂNICA**

Recife

2024

HELOISA ÉMILLY DA SILVA SANTOS

**COMPARAÇÃO ENTRE RESINA ACRÍLICA CONVENCIONAL E RESINA  
IMPRESSA 3D PARA PRÓTESES PROVISÓRIAS: UM ESTUDO *IN VITRO*  
SOBRE RUGOSIDADE SUPERFICIAL, DUREZA E RESISTÊNCIA  
MECÂNICA**

Trabalho apresentado à Disciplina de  
Trabalho de Conclusão de Curso 2  
como parte dos requisitos para  
conclusão do Curso de Odontologia  
do Centro de Ciências da Saúde da  
Universidade Federal de Pernambuco.

Orientadora: Profa. Dra. Viviane  
Maria Gonçalves de Figueiredo

Recife

2024

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Santos, Heloisa Émilly Da Silva.

Comparação entre resina acrílica convencional e resina impressa 3D para próteses provisórias: um estudo in vitro sobre rugosidade superficial, dureza e resistência mecânica / Heloisa Émilly Da Silva Santos. - Recife, 2024.

32p. : il., tab.

Orientador(a): Viviane Maria Gonçalves De Figueiredo

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Ciências da Saúde, Odontologia - Bacharelado, 2024.

Inclui referências, anexos.

1. Prótese Dentária. 2. Resistência à Flexão. 3. Polímeros. 4. Impressão em 3D. I. Figueiredo, Viviane Maria Gonçalves De. (Orientação). II. Título.

610 CDD (22.ed.)

HELOISA ÉMILLY DA SILVA SANTOS

**COMPARAÇÃO ENTRE RESINA ACRÍLICA CONVENCIONAL E RESINA  
IMPRESSA 3D PARA PRÓTESES PROVISÓRIAS: UM ESTUDO *IN VITRO*  
SOBRE RUGOSIDADE SUPERFICIAL, DUREZA E RESISTÊNCIA  
MECÂNICA**

Trabalho apresentado à Disciplina de  
Trabalho de Conclusão de Curso 2  
como parte dos requisitos para  
conclusão do Curso de Odontologia do  
Centro de Ciências da Saúde da  
Universidade Federal de Pernambuco.

Aprovada em: **12 / 03 / 2024.**

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Osman Jucá Netto/UFPE

---

Profa. Dra. Renata Fernandes / UFPE

---

Profa. Dra. Viviane Maria Gonçalves de Figueiredo / UFPE

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, gostaria de externar minha mais sincera gratidão a Deus, que sempre esteve presente em cada etapa desta jornada acadêmica, que com sua graça e sabedoria me conduziu até a última etapa desse processo tão difícil e gratificante.

Agradeço, ainda, a minha família, cujo apoio emocional foi essencial ao longo de todos esses anos. Em especial a minha mãe, Edivânia Silva, que, com coragem e determinação, enfrentou todas as batalhas para conseguir me proporcionar condições de estudo, desde o ensino básico até o superior.

À Universidade Federal de Pernambuco, instituição que foi além do ensino para a formação profissional, contribuiu também para a formação cidadã, prezando sempre pelo respeito e empatia as pessoas, aos professores que com dedicação compartilharam seus conhecimentos com cada aluno, contribuindo para a formação, o sucesso acadêmico e o enriquecimento pessoal.

Em especial, à minha orientadora, Profa. Dra. Viviane Figueiredo, que sempre esteve presente com dedicação e paciência tornando possível a conclusão deste trabalho. Seu apoio constante, orientação e excelência acadêmica foram pilares fundamentais para chegar até aqui.

Por fim, agradeço imensamente a contribuição dos Laboratórios INTM da Universidade Federal de Pernambuco, Recife-Brasil e Labio da Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa-Brasil por realizar as análises da pesquisa, sem os quais não seria possível a realização deste trabalho. Por fim, ao TPD Rodrigo Pereira pela realização das impressões 3D.

## RESUMO

**Objetivo:** Comparar a resina acrílica convencional e a resina impressa 3D para confecção de próteses provisórias, através de um estudo *in vitro* sobre rugosidade superficial, dureza e resistência mecânica. **Metodologia:** Barras (25 x 12 x 2 mm) em resina acrílica termopolimerizável (RAT=05) e autopolimerizável (RAA=05), além de resina Impressa 3D (R3D=05) foram confeccionadas para a realização dos testes de rugosidade superficial média (Ra), Dureza Vickers e resistência à flexão três pontos, em seguida os espécimes foram avaliados após a fratura. Também foi realizada a caracterização superficial com espécimes significativos por grupo experimental (N=1), através de estereomicroscópio, microscópio eletrônico de varredura e perfilômetro. Os dados de rugosidade superficial, dureza e resistência mecânica foram submetidos ao teste estatístico Anova 1 Fator ( $p < 0,05$ ), seguido pelo Teste de Tukey quando tenha sido identificada diferença estatisticamente significativa. Os achados da análise superficial e da fractografia foram apresentados de forma qualitativa. **Resultados:** O grupo R3D apresentou uma superfície com camadas sucessivas e distinta das demais resinas. Não houve diferença estatística entre grupos para a rugosidade superficial ( $p=0,220$ ). Para dureza e resistência mecânica ( $p=0,000$ ) foi identificada diferença estatística entre grupos experimentais. Destacando o grupo R3D com maior média de dureza (19,50 VD) e menor média de resistência mecânica (54,08 Mpa). Os espécimes do grupo R3D apresentam dois ou mais fragmentos após a fratura, já nos demais grupos havia apenas dois fragmentos. **Conclusão:** Identificou-se semelhança quanto à rugosidade superficial entre as resinas acrílicas convencionais e a resina impressa 3D. Em relação a dureza e resistência mecânica, a resina impressa 3D apresentou desempenho superior e inferior, respectivamente, quando comparada com as resinas acrílicas convencionais.

**Palavras-chave:** Prótese Dentária, Impressão em 3D, Polímeros, Resistência à Flexão.

## ABSTRACT

**Objective:** To compare conventional acrylic resin and 3D printed resin for making temporary prostheses, through an in vitro study on surface roughness, hardness and mechanical resistance.

**Methodology:** Bars (25 x 12 x 2 mm) in thermopolymerizable (RAT=05) and self-polymerizable (RAA=05) acrylic resin, as well as 3D Printed resin (R3D=05) were made to carry out the average surface roughness tests (Ra), Vickers hardness and flexural strength three points, then the specimens were evaluated after fracture. Surface characterization was also carried out with significant specimens per group (N=1), using a stereomicroscope, scanning electron microscope and profilometer. The data on surface roughness, hardness and mechanical resistance were subjected to the Anova 1 Factor statistical test ( $p < 0.05$ ), followed by the Tukey test when a statistically significant difference was identified. The findings of superficial analysis and fractography were presented qualitatively. **Results:** The R3D group presented a surface with successive layers that was distinct from the other resins. There was no statistical difference between groups for surface roughness ( $p=0.220$ ). For hardness and mechanical resistance ( $p=0.000$ ), a statistical difference was identified between experimental groups. Highlighting the R3D group with the highest average hardness (19.50 VD) and lowest average mechanical resistance (54.08 Mpa). The specimens in the R3D group present two or more fragments after fracture, whereas in the other groups there were only two fragments. **Conclusion:** Similarity was identified in terms of surface roughness between conventional acrylic resins and 3D printed resin. In relation to hardness and mechanical resistance, the 3D printed resin presented superior and inferior performance, respectively, when compared to conventional acrylic resins.

**Keywords:** Dental Prosthesis, 3D Printing, Polymers, Flexural Strength.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>09</b>
<b>2 METODOLOGIA.....</b>	<b>11</b>
<b>2.1 Confecção dos Espécime.....</b>	<b>11</b>
<b>2.2 Grupos Experimentais e Valor Amostral.....</b>	<b>12</b>
<b>2.3 Análise Superficial.....</b>	<b>12</b>
<b>2.4 Rugosidade Superficial.....</b>	<b>13</b>
<b>2.5 Dureza.....</b>	<b>13</b>
<b>2.6 Resistência mecânica.....</b>	<b>13</b>
<b>2.7 Fractografia.....</b>	<b>14</b>
<b>2.8 Análise dos resultados.....</b>	<b>14</b>
<b>3. RESULTADOS.....</b>	<b>15</b>
<b>4. DISCUSSÃO.....</b>	<b>21</b>
<b>5. CONCLUSÃO.....</b>	<b>25</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>26</b>
<b>ANEXO - NORMAS DA REVISTA.....</b>	<b>28</b>



## 1. INTRODUÇÃO

Durante o tratamento restaurador protético, o cirurgião-dentista utiliza coroas ou prótese provisórias com o propósito de proteger o preparo dental e o tecido periodontal contra qualquer agressão, a qual possa gerar efeitos negativos à saúde do paciente durante o período de espera da prótese definitiva ou final. A depender do resultado funcional e estético dessas restaurações, algumas delas podem ser usadas por longos períodos de tempo, como na reabilitação protética com implantes<sup>1</sup>.

Atualmente, diferentes métodos de fabricação podem ser adotados para a obtenção dessas próteses, como os métodos convencionais e os métodos digitais. As resinas fabricadas pelo método convencional apresentam bom custo-benefício e facilidade de fabricação, no entanto deixam a desejar em relação às propriedades físicas e mecânicas. Por outro lado, as resinas fabricadas pelo método digital têm se apresentado com alta qualidade, precisão e redução de erros durante a fabricação<sup>1</sup>. A tecnologia *Computer-Aided Design –Computer- Aided Manufacturing* (CAD/CAM) vem ganhando espaço na área de confecção de provisórios. Logo, métodos diferentes podem ser empregados como o método de fresagem em CAD-CAM e o método de impressão 3D<sup>2</sup>.

A resina fresada em CAD-CAM tem demonstrado maior resistência e durabilidade quando comparada à resina acrílica, contudo tem a desvantagem do alto custo. Enquanto o método de impressão 3D necessita de um custo menor, que o da fresagem, tem menos desperdício de material e menor tempo de confecção<sup>2</sup>. Vale destacar, que as resinas para impressão 3D têm se mostrado como uma alternativa para coroas provisórias em prótese fixa para uso a longo prazo, decorrente do favorável desempenho das propriedades mecânicas em comparação às resinas fresadas e resinas acrílicas convencionais. Já a resina acrílica à base de Polimetilmetacrilato (PMMA), material mais comum e utilizado no dia a dia clínico com os pacientes para restaurações provisórias, apresenta desvantagens como necessidade de reajuste e falha mecânica<sup>2</sup>.

Alguns estudos realizados na área demonstraram resultados das propriedades físicas e mecânicas das resinas impressas 3D em comparação com outros materiais com a mesma indicação restauradora<sup>1-7</sup>. Contudo, as pesquisas mostram resultados conflituosos quanto à resistência à flexão e à rugosidade superficial na comparação entre resinas impressas 3D com outros materiais provisórios como resinas fresadas, resinas acrílicas<sup>3,5-7</sup>. Ou seja, a literatura mostra que a aplicação da resina impressa 3D para coroas ou próteses provisórias ainda são inconclusivas e novos estudos *in vitro* devem

buscar elaborar protocolos de pesquisas para eliminar vieses<sup>3</sup>. Pois o comportamento mecânico de materiais protéticos provisórios pode orientar o cirurgião-dentista na escolha do melhor material para o caso clínico, considerando as forças mastigatórias, força de mordida, padrão de mastigação, atividade muscular da mandíbula, parafunções, dieta, o comprimento dos espaços edêntulos e o tipo de restauração protética<sup>5</sup>.

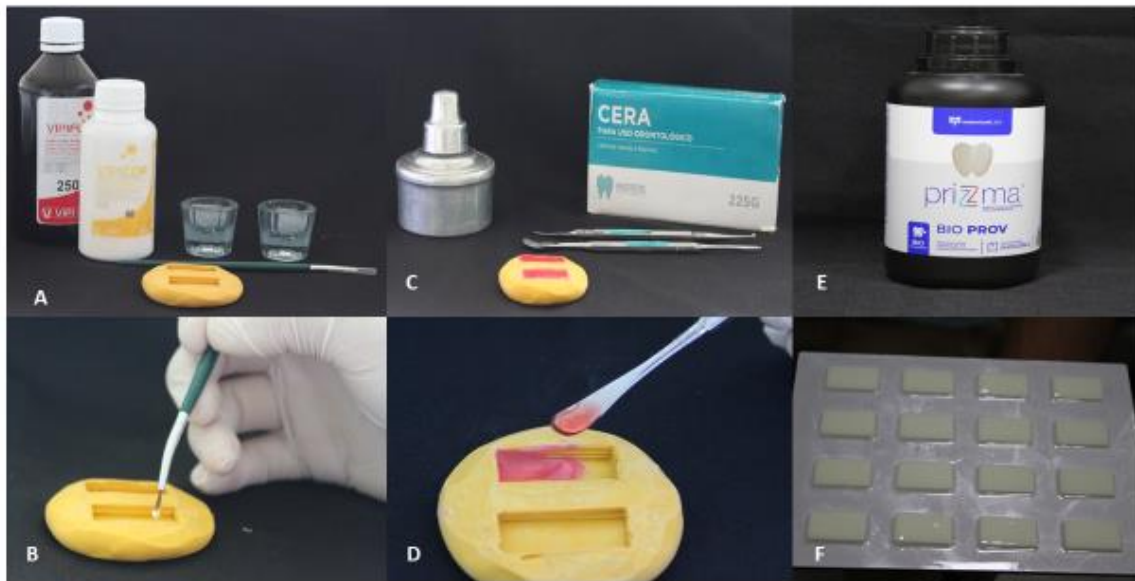
Com base no exposto, há necessidade de novas pesquisas que busquem esclarecer para a Comunidade Odontológica sobre as propriedades das resinas impressas 3D em relação a outras opções de materiais para confecção de coroas provisórias. Por isso, objetivou-se comparar a resina acrílica convencional e a resina impressa 3D para confecção de próteses provisórias, através de um estudo *in vitro* sobre rugosidade superficial, dureza e resistência mecânica. As hipóteses a serem testadas são: Hipótese Nula (H0) - não haverá diferença estatisticamente significativa quanto ao tipo de resina para prótese provisória quanto às análises em teste; Hipótese Alternativa (H1) - haverá diferença estatisticamente significativa quanto ao tipo de resina para prótese provisória quanto às análises em teste.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1 Confeção dos Espécime

Os espécimes foram confeccionados utilizando resina acrílica autopolimerizável e termopolimerizável (VIPI Produtos Odontológicos, Pirassununga, São Paulo, Brasil) e a resina impressa 3D (Resina priZma 3D Bio Prov, Makertech Labs, São Paulo, São Paulo, Brasil). Barras de resina convencional foram confeccionadas com o auxílio de matrizes em silicone<sup>6</sup> por reação de adição (3M ESPE, Bayern, Alemanha), com dimensões de 25 x 12 x 2 mm, segundo a Norma ISO 4049. Padrões de cera 7 foram confeccionados, a fim de que fosse possível produzir a acrilização dos espécimes, conforme as recomendações do fabricante para a resina termopolimerizável. Para a resina autopolimerizável foi adotada a Técnica do Pincel, utilizado dois potes dappen um com o pó e outro com líquido. A extremidade do pincel é umedecida com o líquido e colocada em contato com o pó, as partículas do pó são incorporadas ao pincel umedecido formando uma esfera de resina que é levada ao interior da matriz até ser preenchida completamente.

O processamento dos espécimes em resina impressa 3D seguiu as normas do fabricante (Prizma 3D Bio Prov, Marketch Lab, Tatuí, São Paulo, Brasil) e da impressora 3D (Impressora 3d Anycubic Photon S Talmax Prótese Odontológica, Curitiba, Paraná, Brasil) pelo método de impressão Processamento digital por luz (*Digital Light Processing* - DLP). Dessa forma, os espécimes foram projetados no Software 3D Exocad e as imagens foram exportadas em formato *Standard Tessellation Language* (STL). A impressão ocorreu por volta de 20 min com os espécimes posicionados na horizontal, formando ângulo de 0° com a plataforma de construção e a espessura das camadas de impressão foi de 50µm<sup>2,8</sup>. Após o processamento, os espécimes foram limpos em álcool isopropílico por 10 min através de banho em ultrassom e foi realizada uma pós- cura em câmara ultravioleta por 10 min, conforme as recomendações do fabricante. (Figura 1)



**Figura 1:** Confeção dos espécimes: A- material para técnica do pincel para o grupo RAA; B- incrementos de resina autopolimerizável na matriz de silicone; C- material para enceramento dos espécimes referentes ao grupo RAT; D- enceramento na matriz de silicone com cera 7; E- resina impressa 3d; F- espécimes impressos de resina. Fonte: Autoria própria.

Após finalizar o processo de polimerização, os excessos laterais foram removidos com brocas de corte cruzado, mandril e lixa d'água para as resinas convencionais, além do auxílio de paquímetro para conferência das dimensões<sup>4</sup>. Por fim, os espécimes já confeccionados foram armazenados em água destilada numa estufa (FANEM, Orion Estufa de cultura 502) a uma temperatura 37°e após 24hs foram iniciadas as análises em teste.

## 2.2 Grupos Experimentais e Valor Amostral

Foram formados três grupos experimentais (N=5), RAA - Resina Acrílica Autopolimerizável ; RAT - Resina Acrílica Termopolimerizável e R3D - Resina Impressa 3D para as análises em estudo. O valor amostral foi calculado (Minitab versão 16.1 para windows, Pensilvânia, EUA) com base no desvio padrão de pesquisas semelhantes, para resistência mecânica com desvio padrão 9,13 por Alshamrani, Raju e Ellakwa<sup>8</sup> e para rugosidade superficial com desvio padrão 0,07 por Myagmar et al.<sup>4</sup>. Dessa forma, o N=05 alcança o poder amostral de 80,0% em relação às máximas para as análises de rugosidade superficial e resistência mecânica.

### 2.3 Análise Superficial

A superfície de todos os espécimes foi analisada quanto a morfologia através de Estereomicroscópio, a fim de identificar defeitos, poros e o comportamento superficial dos materiais em estudo. Uma amostra significativa de cada grupo experimental (N=1) foi avaliada em Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) (HITACHI, Modelo TM300).

### 2.4 Rugosidade Superficial

Os espécimes foram avaliados quanto a rugosidade superficial média (Ra -  $\mu\text{m}$ ) através de um rugosímetro de contato Taylor Hobson, o qual é conectado a uma unidade computadorizada com programa computacional, Tayle Profile Gold. Em cada espécime foram obtidos três valores de rugosidade, as leituras foram realizadas paralelas entre si e em sentido horizontal. Por fim, a média dos valores de Ra foi calculada, representando o valor médio de rugosidade do espécime<sup>6</sup>. Para apresentar o perfil superficial dos materiais em estudo, em um espécime significativo de cada grupo experimental foi realizada a análise em perfilômetro óptico digital Talysurf CCI MP-Lite (Taylor Hobson, Reino Unido). Este microscópio é conectado a uma unidade computadorizada, que contém um programa computacional TalyMaps Lite, ambos da Digital Surf (Besançon, France).

### 2.5 Dureza

Um espécime de cada grupo experimental recebeu 05 medições em microdurômetro Vickers (Micromet 5101, Buehler), sob uma carga de 500 g e um tempo de permanência de 20s<sup>6,9</sup>. Cinco recuos foram feitos em cada espécime próximo ao centro, pelo menos 0,5 mm um do outro. Os diâmetros principais do recuo de Vicker (d1 e d2) foram medidos com um microscópio óptico e a dureza será calculada pela Fórmula 1:

$$\text{Dureza} = 1850 \times \text{Carga} / (d1 \times d2)$$

**Fórmula 1: Cálculo da Dureza.**

### 2.6 Resistência Mecânica

O ensaio de resistência à flexão três pontos foi realizado em máquina de ensaio universal EMIC modelo DL-1000 (EMIC DL 1000, São José dos Pinhais, Brasil). Os espécimes foram fixados entre dois suportes, a uma distância de 20 mm de extensão e foram submetidos a tensão até fratura<sup>8</sup>. A máquina estava programada com uma célula

de carga de 100Kgf em velocidade constante de 5mm/min, os valores de resistência à flexão foram obtidos em megapascal (Mpa) utilizando-se a Fórmula 2 (ISO 4049). Sendo,  $\gamma$  a resistência à flexão, F é a carga na fratura ponto, D é o comprimento do vão de apoio, L é a largura de a amostra, e H a espessura da amostra.

$$\gamma = 3FD / 2LH^2$$

**Fórmula 2: Cálculo de Resistência à Flexão.**

## **2.7 Fractografia**

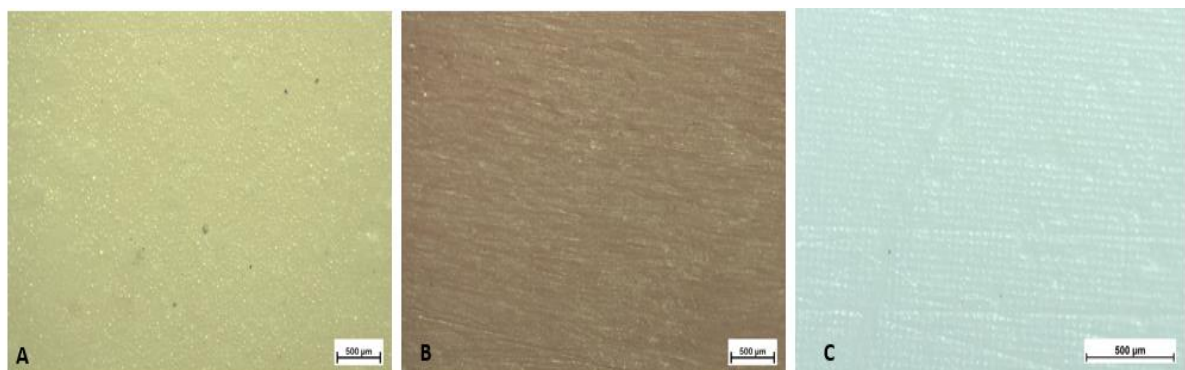
Os espécimes fraturados foram analisados em estereomicroscópio (Discovery V20, CarlZeiss, Alemanha) para determinação das características de fratura.

## **2.8 Análise dos Resultados**

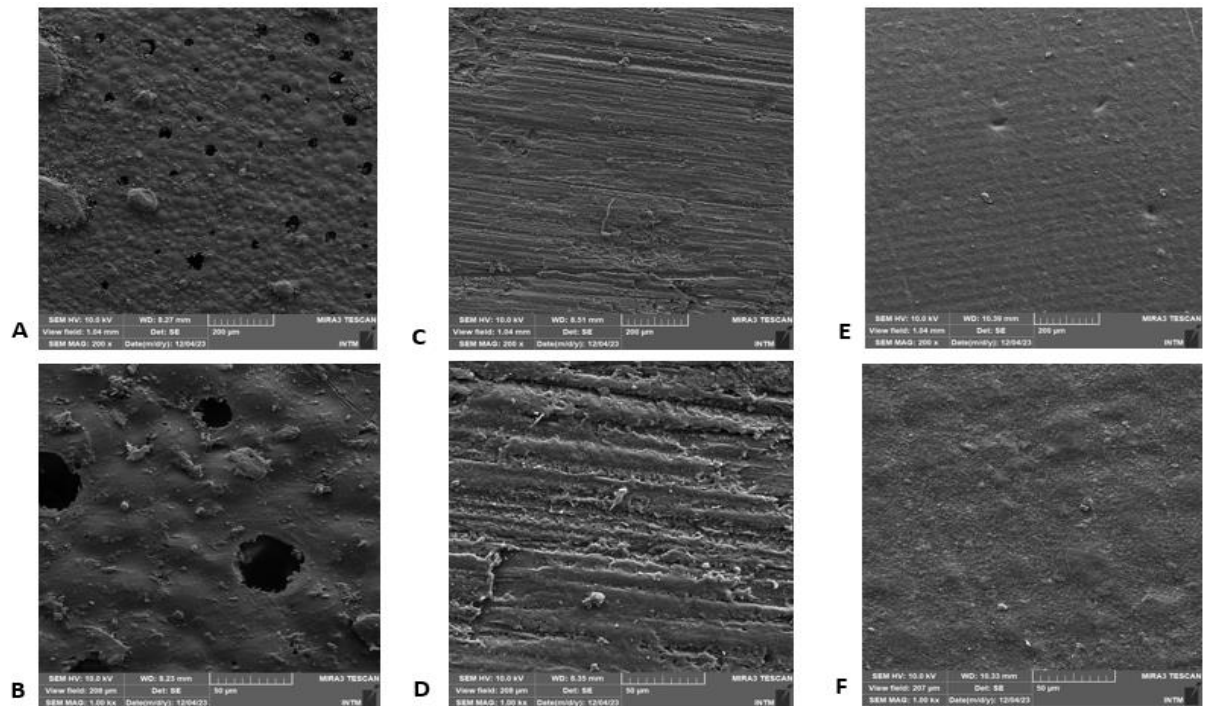
Os resultados foram tabulados e analisados no Minitab (versão 16.1 para windows, Pensilvânia, EUA), com nível de significância adotado de 5%. Os dados de rugosidade superficial, dureza e resistência mecânica foram submetidos ao teste estatístico Anova 1 Fator ( $p < 0,05$ ), seguido pelo Teste de Tukey quando tenha sido identificada diferença estatisticamente significativa. Os achados da análise superficial e da fractografia foram apresentados de forma qualitativa. O Teste de Kolmogorov-Smirnov mostrou p-valor maior que 1% para os dados.

### 3. RESULTADOS

Quanto à caracterização superficial dos materiais testados, o grupo RAA mostrou uma superfície com predomínio de poros e defeitos, quando comparado com o grupo RAT que apresenta menor frequência destes achados superficiais citados. Enquanto o grupo R3d, mostra uma superfície com camadas sucessivas e distinta das demais resinas em estudo, contudo com a presença de alguns defeitos superficiais (Figura 2). A mesma condição superficial é confirmada pelas imagens de MEV dos grupos experimentais, como também poros são identificados na superfície da resina Impressa 3D (Figura 3). Em relação aos achados de Ra, embora o grupo R3D tenha apresentado a menor média de rugosidade superficial, não houve diferença estatística entre grupos (Tabela 1). Através da análise de perfilometria, observou-se a superfície em 3D dos materiais em questão também compatível com os achados das demais análises superficiais (Figura 4, 5, 6). Já sobre a dureza, foi identificada diferença estatística entre grupos experimentais, destacando o grupo R3D com maior média de dureza (Tabela 2). A Figura 7 identifica a diferença entre grupos para a análise de Dureza e as imagens de indentação durante o teste são apresentadas na Figura 8. Por fim, foi observada diferença estatística entre grupos quanto à resistência mecânica, sendo que o grupo R3D mostrou menor resistência em relação às resinas convencionais (Tabela 3). A Figura 9 demonstra a diferença entre grupos e a Figura 10 a análise fractográfica, que apresenta os espécimes dos grupos RAA e RAT com apenas dois fragmentos e os espécimes do grupo R3D com três mais fragmentos. Este grupo da resina impressa 3D apresentou dois ou mais fragmentos após a fratura.



**Figura 2:** Imagens de Estereomicroscópio aumento 6,5X; A- RAA; B- RAT; C-R3D. Fonte: Autoria própria.



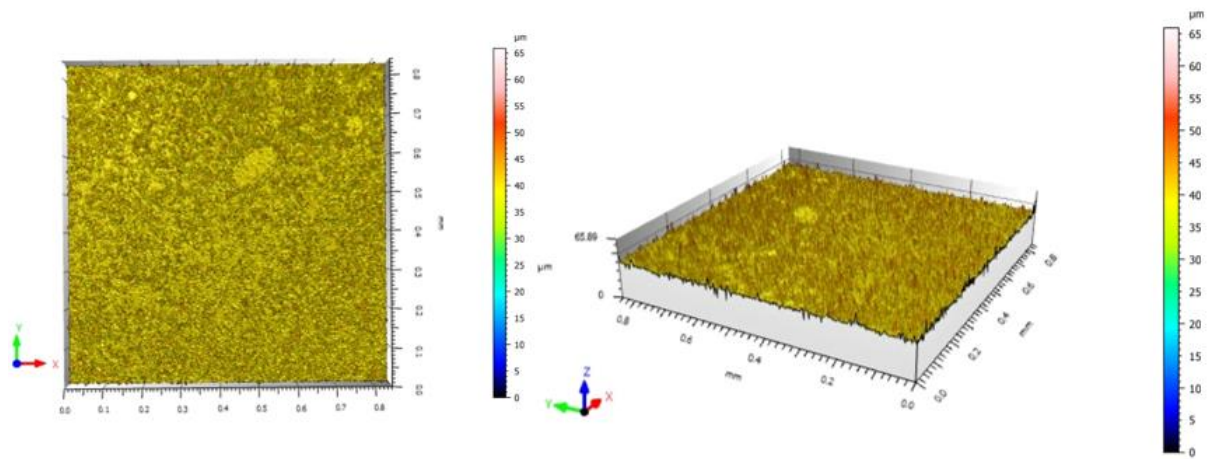
**Figura 3:** Imagens superficiais dos grupos experimentais em MEV com aumentos respectivos de 200x e 1.000x, A e B grupo RAA; C e D grupo RAT; e E e F grupo R3D. Fonte: Autoria própria.

**Tabela 1:** Dados de Rugosidade Superficial ( $R_a$  -  $\mu\text{m}$ ).

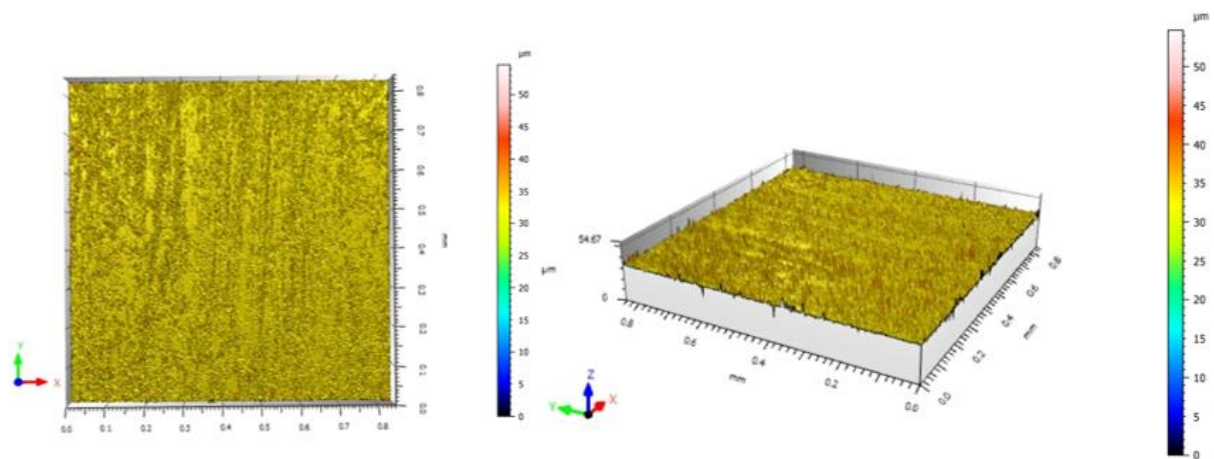
Grupo Experimental	Média	Desvio Padrão	Máximo	Mínimo	P valor
RAA	1,0402	0,2095	1,1786	0,6743	0,220
RAT	1,1209	0,1468	1,2933	0,9593	
R3D	0,707	0,594	1,746	0,307	

Fonte: Autoria própria.

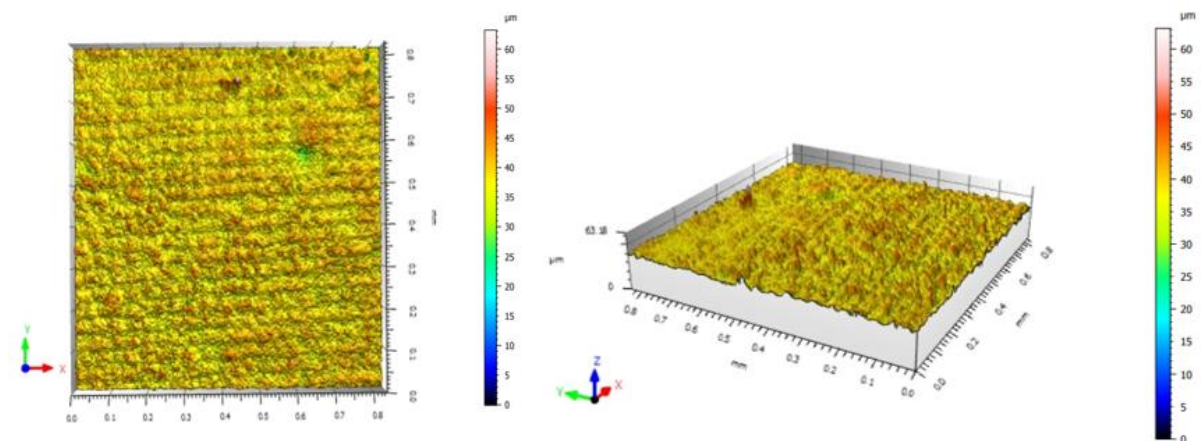




**Figura 4:** Análise de Perfilometria, aumento de 20X, Grupo RAA. Fonte: Autoria própria.



**Figura 5:** Análise de Perfilometria, aumento de 20X, Grupo RAT. Fonte: Autoria própria.

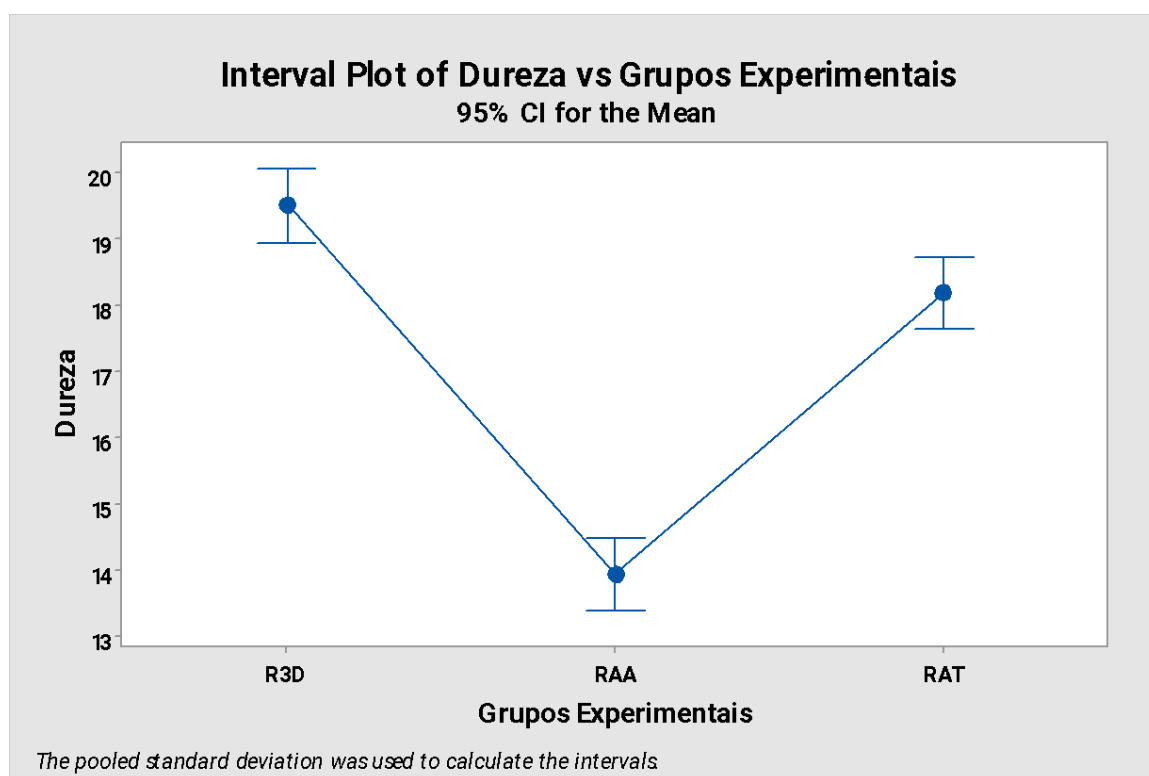


**Figura 6:** Análise de Perfilometria, aumento de 20X, Grupo R3D. Fonte: Autoria própria.

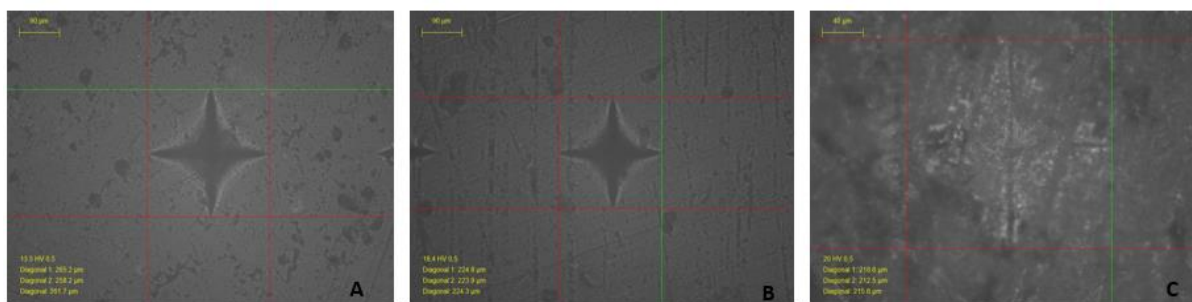
**Tabela 2:** Dados de Dureza Vickers .

Grupo Experimental	Média	Desvio Padrão	Máximo	Mínimo	Diferença entre Grupos*	P valor
RAA	13,960	0,321	14,300	13,500	A	0,000
RAT	18,200	0,339	18,600	17,700	B	
R3D	19,520	0,867	20,400	18,400	C	

\*Letras diferentes demonstram diferença entre grupos. Fonte: Autoria própria.



**Figura 7:** Gráfico Dureza x Grupos Experimentais que demonstra a diferença entre grupos.  
Fonte: Autoria própria.

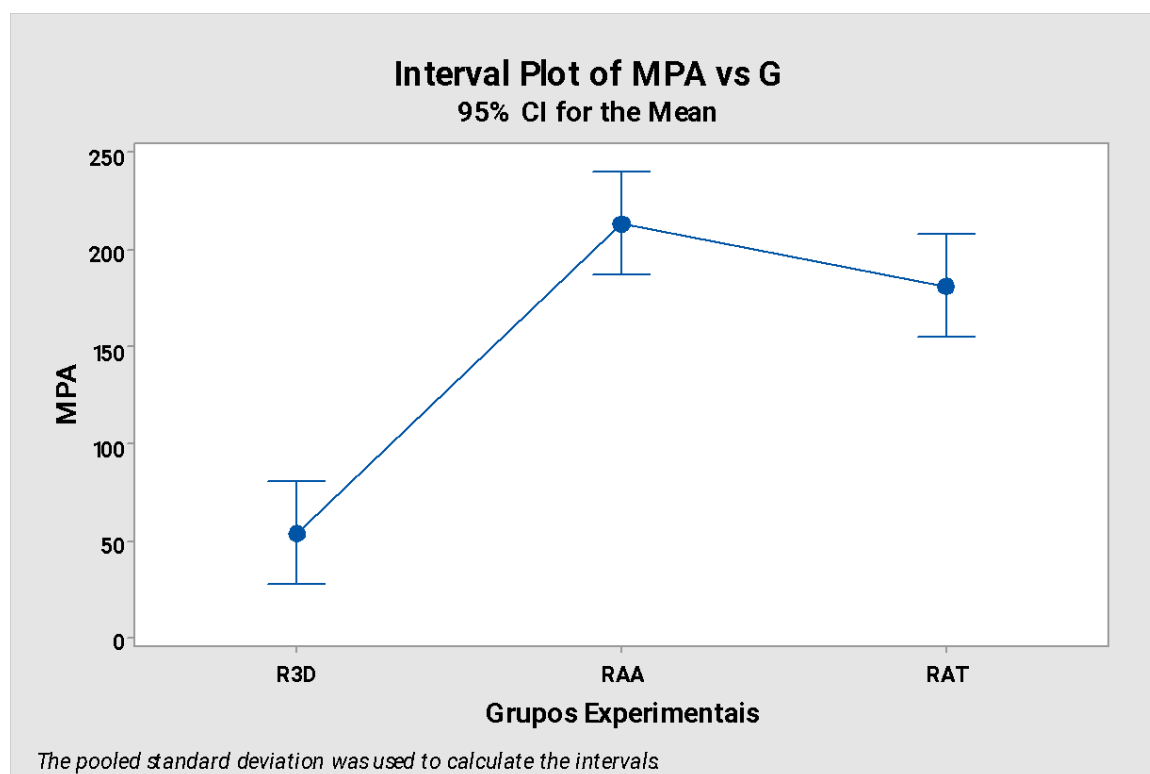


**Figura 8:** Indentação Vickers aumento de 20x, A- RAA; B- RAT; C-R3D. Fonte: Autoria própria.

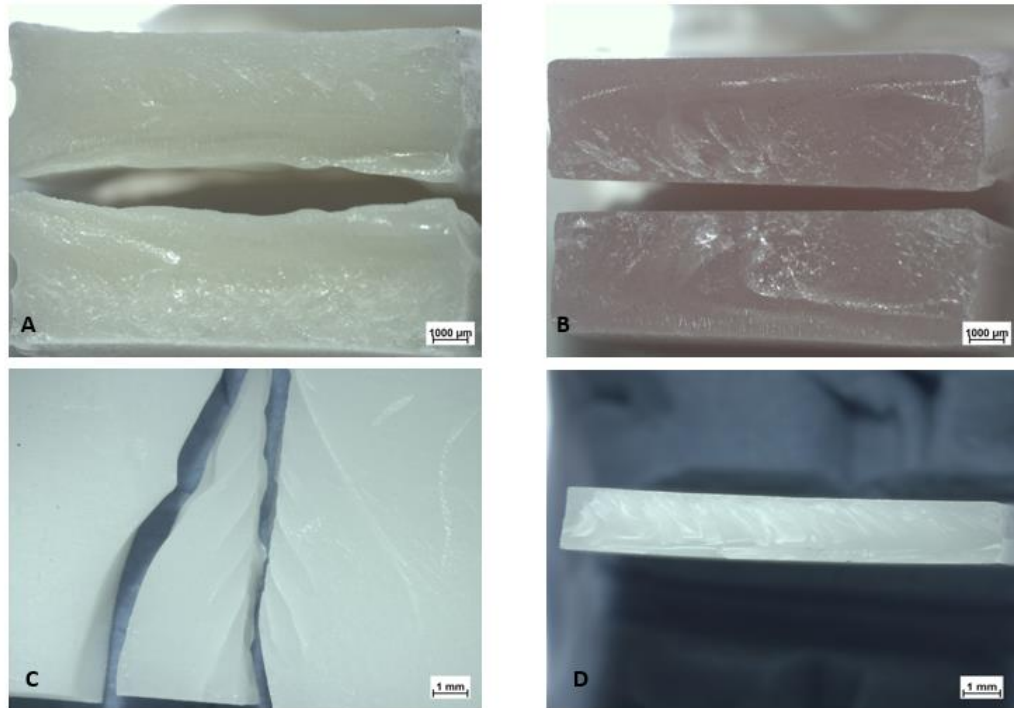
**Tabela 3:** Dados de Resistência Mecânica (Mpa).

Grupo Experimental	Média	Desvio Padrão	Máximo	Mínimo	Diferença entre Grupos	P valor
RAA	213,9	33,2	271,203	187,794	A	0,000
RAT	181,9	32,2	232,797	170,79	A	
R3D	54,08	8,43	67,962	45,432	B	

\*Letras diferentes demonstram diferença entre grupos. Fonte: Autoria própria.



**Figura 9:** Gráfico Resistência Mecânica x Grupos Experimentais que demonstra a diferença entre grupos. Fonte: Autoria própria.



**Figura 10:** Espécimes fraturados dos grupos experimentais aumento 6,5X; A- RAA; B-RAT; C e D -R3D. Fonte: Autoria própria.

#### 4. DISCUSSÃO

Com base nos achados desta pesquisa, a hipótese alternativa (H1) será aceita parcialmente, em decorrência da análise de rugosidade superficial não apresentar diferença estatisticamente significativa e as demais análises em teste demonstrarem essa diferença.

No presente estudo, a superfície da resina impressa 3D mostrou menores alterações superficiais que as resinas acrílicas, este achado corrobora com pesquisas semelhantes Alageel et al.<sup>1</sup> e Myagmar et al.<sup>4</sup>. Sendo uma condição que favorece ao uso clínico, visto que a presença de uma superfície mais lisa facilita uma higienização mais eficaz da prótese provisória<sup>1</sup>. Já em relação à rugosidade superficial, não se observou diferença estatística entre os grupos experimentais, contudo a resina impressa 3D obteve o menor valor médio de Ra. Um estudo que fez a comparação entre distintas resinas para provisórios observou que a resina impressa 3D e a resina fresadas apresentaram menor perda de volume por desgaste e menor rugosidade superficial do que a resina convencional, após os testes de simulação mastigatória prolongados<sup>4</sup>. Para Simoneti et al.<sup>6</sup>; a rugosidade superficial da resina impressa 3D SLS apresentou o maior valor de Ra, por outro lado a resina bisacrílica e a resina impressa SLA se equiparam com valores inferiores que a resina anterior e a resina acrílica, sendo este resultado estatisticamente significativo. Na pesquisa de AL-Qahtani et al.<sup>7</sup>, a resina impressa 3D obteve resultados de Ra superiores as resinas fresada em CAD-CAM e convencional, sendo assim uma diferença estatisticamente significativa. Em uma pesquisa com resina impressas 3D para base de dentadura também não apresentou diferença estatística para rugosidade superficial em comparação a resina termopolimerizável; como também a orientação de impressão e o tempo de pós-cura não impactam nos valores de Ra<sup>10</sup>.

Jain et al.<sup>3</sup> ao revisar a literatura, sobre as propriedades da resina impressa 3D, verificaram que os estudos mostram resultados contrastantes ao comparar a rugosidade superficial de materiais impressos 3D e outros materiais provisórios. Os distintos métodos de impressão adotados nas pesquisas podem explicar os achados heterogêneos de Ra. Por apresentarem princípios e qualidades superficiais diferentes, o método de impressão promove influência na rugosidade das restaurações. Na pesquisa em questão foi adotado o método DLP, que produz objetos através da construção de sucessivas camadas de resina líquida polimerizada através da luz. Esse método tem sido indicado para fins odontológicos pela sua rapidez e por favorecer a produção de delicados recortes como a anatomia dental. Contudo, imagens de MEV mostram coroas com a superfície rugosa pelas inúmeras transições entre as camadas de impressão<sup>11</sup>. Imagens semelhantes foram observadas também em MEV e por meio de perfilômetro nesta pesquisa, a limitação do método DLP deve ser a razão para não haver a

diferença estatística entre grupos nesta pesquisa e ser um fator a ser investigado posteriormente em relação a formação de biofilme.

Quanto à dureza, a resina impressa 3D obteve maior valor médio em comparação às demais resinas acrílicas, sendo um resultado estatisticamente significativo. Este achado corrobora com o estudo de Alageel et al.<sup>1</sup> e AL-Qahtani et al.<sup>7</sup>, porém é contrário aos dados de Ellakany et al.<sup>2</sup> e Simonetti et al.<sup>6</sup>. As resinas 3D apresentam propriedades físicas e mecânicas superiores às resinas convencionais inclusive após o teste de envelhecimento acelerado<sup>1</sup>. A maior e a menor média de microdureza foram observadas na resina impressa 3D e resina acrílica, respectivamente, sendo um resultado estatisticamente significativo e a resina fresada em CAD-CAM apresentou valores intermediários<sup>7</sup>. As resinas fresadas tiveram melhores resultados de microdureza que as demais testadas, mostrando-se superior inclusive que as resinas 3D, seguidas das resinas convencionais<sup>2</sup>. A resina impressa SLA apresentou dureza equivalente a resina bisacrílica, contudo inferior a resina acrílica, no estudo de Simonetti et al.<sup>6</sup>.

Os altos valores de dureza talvez se deem pela forma que a amostra foi impressa em camadas horizontais e pelo método de impressão, dessa forma com a superfície menos rugosa e sem grandes defeitos internos observados pela análise fractográfica favoreceu a execução do teste. Já as pesquisas que apresentaram resultados distintos podem ser explicadas pelo uso de diferente método de impressão, como a Estereolitografia (*Stereolithography* – SLA) e Sinterização seletiva a laser (*Selective laser sintering* - SLS)<sup>2,6</sup>, a composição química das resinas e o pós-cura<sup>8,10</sup>. Estes são fatores que interferem nas propriedades mecânicas<sup>11</sup>.

Para a resistência mecânica, o desempenho das resinas impressas 3D foi inferior às resinas acrílicas testadas e observou-se distinto padrão de fratura, sendo alguns achados da literatura contrários a este resultado<sup>1,3,5,7,8</sup>. A respeito das propriedades mecânicas, as resinas impressas 3D apresentaram através de pesquisas revisadas os melhores resultados para resistência à fratura, resistência à flexão, tensão máxima, módulo de elasticidade e resistência ao desgaste em relação aos materiais provisórios convencionais e fresados<sup>3</sup>. O estudo de Pantea et al.<sup>5</sup>, ao comparar o comportamento mecânico de resinas 3D e resinas convencionais, indicou que há uma superioridade das resinas impressas 3D, quando submetidas ao teste de compressão e flexão. No entanto, quando testado o quesito fratura, ambas as resinas apresentaram uma superfície frágil, com baixa capacidade de sofrer deformação plástica. Já na pesquisa de Alshamrani et al.<sup>8</sup>, que considerou as variações químicas e térmicas do meio bucal, notou-se que fatores como a espessura da resina e o grau de polimerização impactam as propriedades mecânicas da resina impressa 3D, e que os grupos de resinas que não foram submetidos ao armazenamento em água apresentaram maior resistência à flexão. Para Alageel et al.<sup>1</sup>, as resinas

impressas 3D apresentam alta qualidade e redução de erros, inclusive quando submetidas ao teste de envelhecimento acelerado. No estudo de AL-Qahtani et al.<sup>7</sup>, a resina impressa 3D obteve resultado mecânico semelhante a resina fresada e superior a resina acrílica. Contudo, no estudo de Simoneti et al.<sup>6</sup> apenas um grupo de resina impressa 3D confeccionada pelo método de impressão Sinterização seletiva a Laser mostrou desempenho mecânico superior às demais resinas em estudo. Por outro lado, uma resinas impressas 3D fabricada pelo método de impressão da Estereolitografia, semelhante ao DLP, mostrou resultado de resistência à flexão inferior a resina acrílica e a resina bisacrílica, desta forma corroborando com os achados desta pesquisa.

A razão para redução da resistência mecânica da resina 3D é o método de impressão<sup>6,11</sup>. A formação do objeto no método DLP em camadas é limitada pela resolução do chipset da impressora, que produz camadas mais ásperas. Então a área específica onde a ligação entre camadas é fraca ou seja mais rugosa, a fratura pode ocorrer mais rapidamente e gerando vários fragmentos. O maior número de fragmentos observados neste material é um fator a ser avaliado clinicamente, desde que não promove segurança para o paciente e pode machucá-lo<sup>11</sup>. Como também, o ensaio mecânico, envelhecimento, tipo de espécime e composição química<sup>6,11</sup> da resina podem alterar o desempenho mecânico de um material em estudo.

As resinas impressas 3D apresentam aplicação para clínica diária ? O presente estudo mostrou resultados satisfatórios quanto à superfície, rugosidade superficial e dureza, entretanto o desempenho mecânico foi aquém das resinas convencionais. Como também, a pesquisa em questão é um estudo *in Vitro* que restringe a extrapolação dos dados para clínica diária. Ainda são necessárias mais pesquisas que avaliem os efeitos do envelhecimento acelerado nas propriedades mecânicas e físicas das resinas impressas 3D em comparação às resinas fabricadas por outros métodos<sup>1</sup>. Alguns estudos afirmam que as resinas impressas em 3D podem ser melhores para o uso clínico a longo prazo<sup>1</sup> e que exibem resultados adequados para o uso clínico em pacientes<sup>2</sup>.

A limitação desta pesquisa se deve ao número de espécimes por grupo experimental, embora o mesmo seja significativo estatisticamente conforme cálculo amostral; a ausência de dados das análises em teste após o envelhecimento; a comparação com outras resinas indicadas para coroas provisórias. Dessa forma, novos estudos devem ser propostos a fim de buscar conhecer o desempenho mecânico a longo prazo das resinas impressas 3D e o comportamento desta resina sobre condições microbiológicas na busca de ampliar o uso do material pesquisado na clínica diária

## **5. CONCLUSÃO**

Através dos achados desta pesquisa e as resinas testadas para confecção de prótese provisória, foi identificada semelhança quanto à rugosidade superficial entre as resinas acrílicas convencionais e a resina impressa 3D. Já em relação a dureza e resistência mecânica, a resina impressa 3D apresentou desempenho superior e inferior, respectivamente, quando comparada com as resinas acrílicas convencionais.



## 6 REFERÊNCIAS

1. Alageel O, et al. Assessment of effect of accelerated aging on interim fixed dental materials using digital technologies. *J Adv Prosthodont.* 2022;14(6):360-368.
2. Ellakany P, et al. Influence of CAD/CAM Milling and 3D-Printing Fabrication Methods on the Mechanical Properties of 3-Unit Interim Fixed Dental Prosthesis after Thermo-Mechanical Aging Process. *Polymers (Basel).* 2022;30(14):4103.
3. Jain S, et al. Physical and mechanical properties of 3D-printed provisional crowns and fixed dental prosthesis resins compared to CAD/CAM milled and conventional provisional resins: A systematic review and meta-analysis. *Polymers.* 2022;14(13):2691.
4. Myagmar G, et al. Wear of 3D printed and CAD/CAM milled interim resin materials after chewing simulation. *J Adv Prosthodont.* 2021;13(3):144-151.
5. Pantea M, et al. Compressive and flexural strength of 3D-printed and conventional resins designated for interim fixed dental prostheses: An in vitro comparison. *Materials.* 2022;15(9):3075.
6. Simoneti DM, Pereira-Cenci T, dos Santos MBF. Comparison of material properties and biofilm formation in interim single crowns obtained by 3D printing and conventional methods. *J Prosthet Dent.* 2022;127(1):168–172.
7. Al-Qahtani AS, et al. Surface properties of polymer resins fabricated with subtractive and additive manufacturing techniques. *Polymers.* 2021;13(23):4077.
8. Alshamrani AA, Raju R, Ellakwa A. Effect of printing layer thickness and postprinting conditions on the flexural strength and hardness of a 3D-printed resin. *BioMed Res Int.* 2022;2022:8353137.
9. Crenn M-J, et al. Polylactic acid as a biocompatible polymer for three-dimensional printing of interim prosthesis: Mechanical characterization. *Dent Mater J.* 2022;41(1):110–116.

10. Al-Dulaijan YA, et al. Comparative evaluation of surface roughness and hardness of 3D printed resins. *Materials*. 2022;15(19):6822.
11. Park SM, et al. Flexural strength of 3D-printing resin materials for provisional fixed dental prostheses. *Materials*. 2020;13(18):3970.

## ANEXO – NORMAS DA REVISTA JOURNAL OF APPLIED ORAL SCIENCE

### APRESENTAÇÃO DO MANUSCRITO

#### 1.1 Estrutura do manuscrito

##### 1.1.1 Página de rosto deverá ser submetida como arquivo suplementar e conter apenas:

O título do manuscrito em inglês.

- Os nomes dos autores na ordem direta seguido da sua afiliação institucional. Para autores brasileiros as afiliações devem vir em português, em espanhol para latino-americanos e em inglês para as demais nacionalidades.
- Endereço completo do autor correspondente, a quem todas as correspondências devem ser endereçadas, incluindo telefone e endereço de e-mail.
- Informação sobre o depósito do manuscrito em um servidor de *preprints*, quando for o caso, indicando o endereço de acesso e número DOI, se requeridos (anexar o formulário de [Conformidade com a Ciência Aberta](#)). Citação e referenciamento dos dados de pesquisa especificando o repositório e o número DOI (anexar o formulário de [Conformidade com a Ciência Aberta](#)).
- Nota obrigatória informando se o manuscrito é derivado de dissertações ou teses e seu respectivo endereço de acesso quando disponível.

## 1 APRESENTAÇÃO DO MANUSCRITO

### 1.1 Estrutura do manuscrito

1.1.1 A folha de rosto deverá ser submetida como arquivo suplementar e deverá conter apenas:

- Título do manuscrito em inglês.
- Nomes dos autores em ordem direta com suas respectivas afiliações em inglês. As afiliações deverão ser redigidas em português para autores brasileiros, em espanhol para autores espanhóis e em inglês para as demais nacionalidades.
- Endereço completo do autor correspondente, a quem toda a correspondência deverá ser endereçada, incluindo número de telefone e endereço de e-mail.
- Informação sobre o depósito do manuscrito em *servidor de preprints*, quando aplicável, indicando o endereço de acesso e número DOI, se necessário (anexar o [formulário Open Science Compliance](#)). Citação e referenciação dos dados da pesquisa especificando o repositório e o número DOI (anexar o [formulário Open Science Compliance](#)).
- Nota obrigatória informando se o manuscrito é derivado de alguma dissertação ou tese e seu respectivo endereço de acesso quando disponível.

### 1.1.2 Texto

- O trabalho deverá ser previamente traduzido para o idioma inglês ou revisado por profissional ou empresa de edição.  
Autores que tenham o inglês como língua nativa deverão enviar como arquivo complementar uma carta assinada responsabilizando-se pela qualidade do idioma inglês e pela edição do texto.
- Título do manuscrito em inglês.
- Resumo estruturado em parágrafo único: deve conter no máximo 300 palavras, destacando uma pequena introdução, objetivo,

Envio de manuscritos

## 1 SUBMISSÃO DE MANUSCRITOS

1.1 Os artigos deverão ser submetidos através do seguinte endereço

<https://mc04.manuscriptcentral.com/jaos-scielo>

1.2 O arquivo original contendo o manuscrito principal deverá ser submetido sem identificação e afiliação do autor .

1.3 A folha de rosto deverá ser submetida como arquivo suplementar contendo os nomes dos autores, afiliações e endereço para correspondência, citação e referência do repositório de dados e servidor de preprint utilizado (quando for o caso) e a nota obrigatória para quando o manuscrito for derivado de um tese de dissertação.

1.4 As figuras deverão ser submetidas como arquivos suplementares conforme especificações do item 2.1 quanto à forma e preparação dos manuscritos.

1.5 As tabelas deverão ser elaboradas em formato Excel e deverão ser enviadas em arquivos complementares.

1.6 Os documentos para comprovação – Protocolo do Comitê de Ética, Registro de Ensaio Clínico, [Checklist CONSORT](#) , [Checklist ARRIVE](#) e [registro PROSPERO](#) – deverão ser apresentados como arquivos obrigatórios.

1.7 O certificado de edição para língua inglesa (assinado por profissional ou empresa editora) deverá ser apresentado como arquivo complementar obrigatório.

1.8 O [formulário de submissão](#) , assinado por TODOS os autores, deverá ser submetido como arquivo obrigatório.

1.9 O [Formulário de Conformidade com Ciência Aberta](#) DEVE ser enviado como

arquivo complementar.

1.10 O JAOS exige a inclusão do número de registro ORCID dos autores para submissão do manuscrito. Todos os autores deverão associar o número de registro [ORCID](#) ao seu perfil no ScholarOne.

