

## **AVALIAÇÃO DE PROPRIEDADES FÍSICAS E BIOLÓGICA DE RESINAS FOTOSSENSÍVEIS UTILIZADAS EM MANUFATURA ADITIVA PARA DISPOSITIVO OCLUSAL.**

**MARCELO PEREIRA BROD<sup>1</sup>; TATIANA DA SILVA RAMOS<sup>2</sup>; ADRIANA FERNANDES DA SILVA<sup>3</sup>; EVANDRO PIVA<sup>4</sup>; NOÉLI BOSCATO<sup>5</sup>; WELLINGTON LUIZ DE OLIVEIRA DA ROSA<sup>6</sup>**

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Odontologia UFPel – [marcelopbrod@gmail.com](mailto:marcelopbrod@gmail.com)

<sup>2</sup>Técnica do Centro de Desenvolvimento e Controle de Biomateriais - [cpcbio.fop@gmail.com](mailto:cpcbio.fop@gmail.com)

<sup>3</sup>Universidade Federal de Pelotas – [adrilosilvapiva@gmail.com](mailto:adrilosilvapiva@gmail.com)

<sup>4</sup> Universidade Federal de Pelotas – [piva@ufpel.edu.br](mailto:piva@ufpel.edu.br)

<sup>5</sup>Departamento de Odontologia Restauradora UFPel- [noeliboscato@gmail.com](mailto:noeliboscato@gmail.com)

<sup>6</sup>Departamento de Odontologia Restauradora UFPel – [darosa.wlo@gmail.com](mailto:darosa.wlo@gmail.com)

### **1. INTRODUÇÃO**

Com o avanço das tecnologias na odontologia, o workflow digital tornou-se uma abordagem amplamente adotada para reduzir o trabalho manual na confecção de peças odontológicas como placas oclusais, modelos de estudo e coroas provisórias. A manufatura aditiva na odontologia começa com a digitalização intra ou extraoral, convertendo os dados em arquivos STL, que são processados por softwares CAD e utilizados em manufatura CAM. A manufatura aditiva, ou impressão 3D, é uma área em crescimento, que constrói objetos camada por camada nos eixos X, Y e Z. Segundo a norma ABNT NBR ISO/ASTM 52900:2018, esse processo pode ser feito em uma única etapa com fusão de materiais similares (polímeros, cerâmicos e compósitos) ou em múltiplas etapas para adesão de materiais diferentes. Placas oclusais, utilizadas no tratamento de disfunções temporomandibulares, são tradicionalmente confeccionadas com resina acrílica à base de PMMA, um polímero amplamente utilizado por suas características favoráveis, como biocompatibilidade e estabilidade dimensional. No entanto, falhas durante a produção podem comprometer a qualidade das placas, como formação de poros e contração de polimerização. Visando minimizar ou eliminar essas desvantagens, placas oclusais produzidas por sistemas digitais têm sido desenvolvidas, uma vez que a odontologia está em constante busca por novas tecnológicas e formas de tratamento que visem otimizar o atendimento (CARDOSO et al., 2019). Apesar de diversos artigos recentes discutirem o uso da MA na odontologia, ainda são necessárias pesquisas para definir parâmetros e características dos produtos dentários impressos em 3D. O desenvolvimento de resinas estáveis e biocompatíveis permitiu a produção de dispositivos intraorais, mas fatores como angulação de impressão, espessura de camada e tempo de pós-cura podem influenciar as propriedades finais das peças (PEREIRA et al, 2021). Embora muitos desses materiais já tenham sido aprovados para uso clínico em países como EUA, Brasil, há pouca evidência científica sobre as suas propriedades físicas, mecânicas e biocompatibilidade. Assim, o objetivo deste estudo será avaliar as propriedades físicas e biológicas de resinas para MA utilizadas para placas oclusais comparando com resinas convencionais a base de PMMA como controle.

### **2. METODOLOGIA**

Três marcas comerciais de resinas para MA de placas oclusais foram avaliadas: Cosmos Splint (Yller), Prizma BioSplint (Makertech Labs) e Next Dent OrthoRigid (3D Systems). Para cada grupo, serão utilizadas resinas acrílicas convencionais termopolimerizável (Jet Clássico) e autopoliomerizável (Triunfo

Dents) como controle para placas oclusais. A Impressora Anycubic Photon Mono 2 (Anycubic, Shenzhen, Guangdong, CHINA), usando a tecnologia DLP na angulação de 45° e comprimento de onda de 405 nm foi utilizada para confecção dos espécimes de MA, com espessura de camada de 35µm. Pós-cura foi feita em câmara UV de 25W de potência. Os ensaios realizados foram:

**Resistencia à flexão e módulo de elasticidade:** As superfícies das placas receberam acabamento e polimento por até 1 min com pedra-pomes e disco de feltro. Um grupo foi de avaliação imediata onde os espécimes foram armazenados em água a uma temperatura de  $37 \pm 1^\circ\text{C}$  durante  $\pm 2\text{h}$  antes do teste de flexão. Demais espécimes foram separados em grupos ( $n= 10$ ) para avaliação longo prazo, sendo armazenados em água a uma temperatura de  $37 \pm 1^\circ\text{C}$  pelos períodos de 30 dias, 90 dias, 180 dias e 360 dias anteriormente ao teste de flexão. A resistência à flexão dos espécimes foi determinada utilizando uma máquina de ensaios universais MBio2 (EMIC, Biopdi, Brasil, usando uma taxa de deslocamento constante de  $(5 \pm 1)$  mm/min até a amostra se romper.

**Sorção e solubilidade:** (ISO 10477:2004) Os espécimes foram preparados conforme a norma ISO 20795-1 (ISO 20795-1-2013), com diâmetro de 6 mm e espessura de 1 mm, seguindo as instruções do fabricante. Os espécimes foram colocados em um dessecador com sílica gel a  $37 \pm 1^\circ\text{C}$  por  $23 \pm 1$  horas e, em seguida, transferidos para um segundo dessecador a  $23 \pm 2^\circ\text{C}$ . Após 60 minutos, foram pesados em uma balança analítica com precisão de 0,2 mg, repetindo o processo até atingir uma massa constante ( $m_1$ ). Em seguida, os espécimes foram mergulhados em água a  $37 \pm 1^\circ\text{C}$  por 7 dias. Após esse período, foram removidos, secos com uma toalha limpa, agitados no ar por 15 segundos e pesados 60 segundos após a remoção da água ( $m_2$ ). As amostras foram postas no dessecador até atingir uma nova massa constante ( $m_3$ ). Porcentagem de ganho/perda de peso foi utilizada para avaliar a sorção e solubilidade

**Viabilidade celular:** (ISO 10993-2009). O ensaio de viabilidade celular foi realizado conforme a ISO 10993-2009. As células L929 de fibroblastos foram cultivadas a  $37^\circ\text{C}$  em uma atmosfera com 5% de CO<sub>2</sub> até a subconfluência. Em seguida, foram cultivadas a uma densidade de  $2 \times 10^4$  células/cm<sup>2</sup> em placas de 96 poços. Os espécimes de resina, medindo 6x1 mm, foram armazenados por 24 horas em meio de cultivo. Após esse período, o meio contendo os espécimes foi utilizado como eludato e colocado em contato com as células por 24 e 48 horas. A viabilidade celular foi avaliada utilizando o ensaio MTT. Após 4 horas de incubação a  $37^\circ\text{C}$  no escuro, o precipitado de azul de formazan foi extraído com DMSO, e a absorção foi medida a 450 nm usando um espectrofotômetro.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Na resistência à flexão (Tabela 1), as resinas para impressão 3D (Cosmos, Prisma e NextDent) se comportaram de maneira comparável às resinas de controle convencionais (RAA e RAT) em termos de resistência à flexão ao longo do tempo, com algumas variações. No geral, as resinas 3D apresentaram boa estabilidade, Cosmos apresenta uma recuperação de resistência aos 360 dias, retornando a um nível similar ao início. Isso mostra que, apesar de flutuações, ela tem um bom desempenho a longo prazo. Prizma manteve uma resistência moderada ao longo do tempo, com pequenas variações, sendo bastante estável e comparável às resinas convencionais. NextDent teve um comportamento mais volátil, com resistência inicial baixa, recuperação aos 30 dias e estabilização, mas retorna ao valor inicial aos 360 dias, o que pode ser visto como uma desvantagem em

comparação às outras resinas 3D. Esses resultados vão de acordo com outros estudos (Berli et. al, 2020; Prpic et. al, 2019) em que as resinas para manufatura aditiva apresentam resistência a flexão um pouco superior as resinas convencionais prensadas, com ambas apresentando valores satisfatórios para sua aplicação clínica, estando os valores obtidos nos testes de acordo com a ISO 178/2019.

Tabela 1: Mediana e intervalo interquartil de resistência à flexão (MPa).

Resina \ Tempo	Imediato	30 dias	90 dias	180 dias	360 dias
<b>Cosmos</b>	55,5(46,7-64,9) <sup>A</sup>	97,5(84,5-104,8) <sup>Ab</sup>	92,0(66-106,8) <sup>Abc</sup>	82,5(63,5-90) <sup>Abc</sup>	106,0(95,3-106,8) <sup>Aa</sup>
<b>Prizma</b>	75,4(61,9-79,5) <sup>A</sup>	80,5(73,3-92) <sup>AB</sup>	80,0(56-94,8) <sup>A</sup>	66,0(55,5-78,5) <sup>B</sup>	58,0(49-85,8) <sup>B</sup>
<b>NextDent</b>	72,9 (61,3-89,3) <sup>Ad</sup>	104,5(81,5-108,3) <sup>Ba</sup>	86,0(58,5-120,5) <sup>Ac</sup>	60,0(50-69,3) <sup>BCe</sup>	62,5(60-77,5) <sup>Bbe</sup>
<b>RAT</b>	66,4(61,2-69,4) <sup>A</sup>	55,0(53,3-57,5) <sup>C</sup>	67,5(65-73,8) <sup>A</sup>	51,0(46-54,8) <sup>C</sup>	57,0(54-62,8) <sup>B</sup>
<b>RAA</b>	47,0(41,3-50,7) <sup>Bb</sup>	57,5(53,5-66,5) <sup>Cb</sup>	77,0(66,5-86) <sup>Aa</sup>	56,0(40-62,8) <sup>C</sup>	71,5(67,5-77,3) <sup>Bb</sup>

Letras maiúsculas demonstram diferenças estatisticamente significativas entre as colunas, letras minúsculas demonstram diferenças estatisticamente significativas entre a mesma linha ( $p<0.05$ ). Estatística Two-Way Anova seguido de Teste de Tukey.

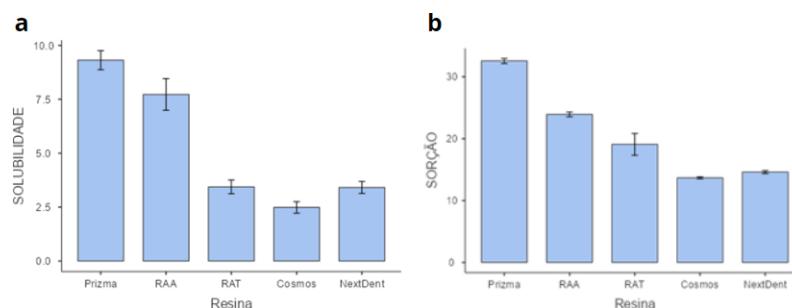


Figura 2: Resultados de ensaios de Solubilidade (a) e Sorção (b) para as resinas de manufatura aditiva Cosmos, Prizma e NextDent e os controles convencionais de Resina Autopolimerizável (RAA) e Resina Termopolimerizável (RAT)

Quanto a sorção, a resina Prizma foi a resina com a maior sorção, isso sugere que o material da resina tem uma alta capacidade de absorção de líquidos ou substâncias, o que pode ter implicações na durabilidade ou comportamento em certas condições, seguida por RAA e RAT com valores intermediários. Cosmos e NextDent apresentam os menores níveis de sorção, com Cosmos sendo a resina com a menor capacidade de absorção sugerindo que essa resina tem uma menor tendência a absorver líquidos ou outras substâncias do meio ambiente em comparação com outras. No teste de solubilidade, Prizma teve a maior solubilidade de todas as resinas, o que pode implicar em um material que se dissolve mais facilmente em comparação com as outras, enquanto RAA apresentou um nível intermediário. As resinas Cosmos, NextDent, e RAT têm níveis baixos de solubilidade, com uma tendência reduzida à dissolução isso indica uma resistência maior à dissolução. As barras de erro para todas as resinas são relativamente pequenas, indicando que os dados foram consistentes, com exceção de Prisma e RAA, que apresentaram uma variação um pouco maior. As resinas de impressão 3D, em particular a Cosmos e NextDent, apresentaram desempenho superior às resinas convencionais (RAA e RAT) tanto em termos de sorção quanto de solubilidade.

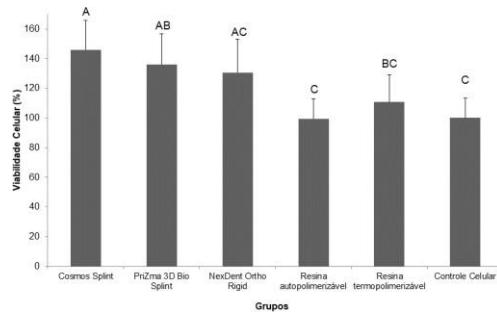


Figura 3- Resultados da Vabilidade Celular (%). Letras diferentes indicam diferenças estatisticamente significativas ( $p<0.05$ ). Estatística One-Way Anova seguido de Teste de Tukey.

Todas as resinas testadas apresentaram valores favoráveis de viabilidade célula e superiores a 70% como recomendado pela ISO 10993-5. A resina de manufatura aditiva Cosmos teve os melhores resultados promovendo uma viabilidade celular de 146,0%, seguido pela Prizma com viabilidade celular de 136,0% e pela NextDent com viabilidade celular de 130,6%. O material com a menor viabilidade celular analisado foi a resina acrílica autopolimerizável (JET Clássico) com uma viabilidade celular de 99,5%. Esses dados estão de acordo com outros estudos que corroboram a biocompatibilidade dos materiais de MA para dispositivos oclusais (Guerrero-Girones et. al, 2022).

#### 4. CONCLUSÕES

Conclui-se que as resinas para MA testadas apresentam desempenho similar em resistência à flexão quando comparadas às resinas convencionais. As resinas Cosmos e NextDent oferecem melhor durabilidade e estabilidade em relação a solubilidade e sorção, enquanto a Prisma apresenta limitações devido à sua alta sorção e solubilidade. As resinas de manufatura aditiva utilizadas neste estudo demonstraram desempenho similar ou superior de viabilidade celular do que as resinas convencionais autopolimerizável e termopolimerizável. Esses resultados destacam a adequação das resinas 3D para aplicações clínicas, alinhando-se a estudos anteriores que sugerem sua resistência comparativa às resinas convencionais.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- PEREIRA, Ana Larisse Carneiro et al. Accuracy of CAD-CAM systems for removable partial denture framework fabrication: A systematic review. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 125, n. 2, p. 241-248, 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO/ASTM 52900:2018 Manufatura Aditiva: Princípios Gerais e Terminologia. Rio de Janeiro, RJ: ABNT/CEE-261, 2018.
- CARDOSO, E. C.; JUVENCIO, M. L. S. Odontologia 3D: benefícios ao paciente e cirurgião dentista. 2019. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Odontologia) – Universidade de Uberaba, Uberaba, 2019.
- BERLI, C. et al. Comparing the mechanical properties of pressed, milled, and 3D-printed resins for occlusal devices. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 124, n. 6, p. 780-786, 2020.
- PRPIC, V. et al. A study of the flexural strength and surface hardness of different materials and technologies for occlusal device fabrication. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 121, n. 6, p. 955-959, 2019.
- GUERRERO-GIRONES, J. et al. In vitro biocompatibility testing of 3D printing and conventional resins for occlusal devices. **Journal of Dentistry**, v. 123, p. 104163, 2022.