



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE RIBEIRÃO PRETO  
DEPARTAMENTO DE MATERIAIS DENTÁRIOS E PRÓTESE



MARIA JÚLIA ARAÚJO DA ROCHA

**Efeitos da termociclagem nas propriedades físicas e mecânicas de resinas de impressão  
3D utilizadas como base de próteses**

Orientador: Profa. Dra. Rossana Pereira de Almeida

RIBEIRÃO PRETO

2024

MARIA JÚLIA ARAÚJO DA ROCHA

**Efeitos da termociclagem nas propriedades físicas e mecânicas de resinas de impressão  
3D utilizadas para base de próteses**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Faculdade Odontologia de Ribeirão Preto da  
Universidade de São Paulo, como parte dos  
requisitos para obtenção do grau de Cirurgião (ã)-  
Dentista.

Orientador: Profa. Dra. Rossana Pereira de Almeida

RIBEIRÃO PRETO

2024

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Nome: ROCHA, Maria Júlia Araújo.

Título: Os efeitos da termociclagem nas propriedades físicas e mecânicas de resinas de impressão 3D utilizadas para base de próteses.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto, como requisito parcial à obtenção do título de Cirurgiã-Dentista.

Aprovado em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Banca Examinadora

Prof. Dr. \_\_\_\_\_

Instituição: \_\_\_\_\_

Julgamento \_\_\_\_\_

Prof. Dr. \_\_\_\_\_

Instituição: \_\_\_\_\_

Julgamento \_\_\_\_\_

Prof. Dr. \_\_\_\_\_

Instituição: \_\_\_\_\_

Julgamento \_\_\_\_\_

## **AGRADECIMENTOS**

Mais uma etapa vencida. A Odontologia sempre foi meu sonho e ter essa oportunidade de cursar me deixa mais convicta e realizada sobre a escolha que fiz. Nada disso seria possível sem a presença de Deus e o apoio incondicional da minha família.

Primeiramente, gostaria de agradecer a Deus por ter me contemplado com essa oportunidade. Durante minha trajetória, Ele me deu força, coragem, sabedoria e saúde para superar as dificuldades ao longo da graduação.

Aos meus pais, Daniel e Fabiana, que me deram todo o apoio necessário para a realização desse sonho, agradeço imensamente. Graças a eles, pois nada disso seria possível. Confiaram em mim, me apoiaram, me incentivaram e foram meu alicerce nas horas mais difíceis e felizes da minha vida. Essa conquista é nossa, todo meu amor e gratidão!

Aos meus queridos amigos, por tornarem minha jornada mais leve e divertida, agradeço de coração. Vocês me ampararam, apoiaram com palavras de carinho e compreensão quando mais precisei. Partilhamos momentos de choro, alegria, conquistas, e por estarem sempre ao meu lado, sou imensamente grata.

Um agradecimento especial à minha professora e orientadora Rossana, por acreditar em mim e me dar a oportunidade de participar deste projeto. Foi uma experiência de grande aprendizado e realizações profissionais. Agradeço pela paciência, compreensão e por me guiar neste momento tão importante para mim. E à Ana Paula Macedo, pelo auxílio durante os estudos, pela paciência e por compartilhar tanto conhecimento.

Por fim, agradeço a todos os professores, funcionários e à FORP por ser minha segunda casa durante esses cinco anos. Finalizo com a certeza de que dei um grande passo na minha vida, mas sei que é apenas o início de uma longa caminhada. Que Deus continue a nos abençoar e guiar em todos os nossos caminhos.

Ao CNPq pelo auxílio Financeiro para realização deste trabalho (405285/2021-3).

## RESUMO

ROCHA, Maria Júlia Araújo. **Efeitos da termociclagem nas propriedades físicas e mecânicas de resinas de impressão 3D utilizadas para base de próteses.** 2024. 35f. Trabalho de Conclusão de Curso – Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2024.

A análise das propriedades físicas e mecânicas de resinas para impressão 3D é fundamental para entender seu desempenho e viabilidade como biomateriais na odontologia. Sendo assim, este estudo comparativo investigou as propriedades físicas e mecânicas de resinas para impressão 3D indicadas para bases de próteses totais, em comparação com a resina termopolimerizável convencional (PMMA), após a termociclagem simulando um ano de uso. O grupo experimental consistiu em três tipos de resinas para impressão 3D (BB, BS e CD), enquanto o grupo controle utilizou a resina termopolimerizável (TR). O espectrofotômetro foi empregado para avaliar alterações de cor ( $\Delta E$ ) e brilho ( $\Delta GU$ ). A rugosidade de superfície ( $S_a$ ) foi avaliada por microscopia confocal a laser, e a microdureza Knoop (HK) foi testada usando um microdurômetro. Foram realizadas avaliações antes e após 1000 ciclos de termociclagem 5 – 55 °C com duração de 30s em cada temperatura. Os dados não apresentaram distribuição normal e homocedasticidade e foram avaliados por Wald test em Modelos Linear Generalizado ( $\alpha=0,05$ ). Os resultados indicaram diferenças significativas entre os grupos em relação a todas as propriedades avaliadas. Para  $\Delta E$  e  $\Delta GU$ , BB apresentou maior alteração que as outras resinas ( $p<0,001$ ). As resinas para impressão 3D apresentaram menor translucidez ( $p<0,001$ ) em T0 e T1. BB apresentou maior  $S_a$  ( $p<0,001$ ), seguido de CD ( $p<0,05$ ) em T0 e T1, não houve diferença significativa entre TR e BD. A resina BD apresentou a menor microdureza em T0 e T1, não houve diferença significativa entre CD e TR. As resinas estudadas mostraram alguns resultados equivalentes e outros aquém da resina termopolimerizável, mostrando que tem um futuro promissor na odontologia, com o desenvolvimento e melhoria de suas propriedades.

Palavras-chave: Resina de impressora 3D. Resina termopolimerizável. Resina de base de prótese. Microdureza. Translucidez. Rugosidade superfície. Alteração de cor. Brilho. Termociclagem.

## ABSTRACT

ROCHA, Maria Júlia Araújo. **Effects of thermocycling on the physical and mechanical properties of 3D printing resins used for prosthesis bases.** 2024. 35f. Trabalho de Conclusão de Curso – Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2024.

Analyzing the physical and mechanical properties of these resins is fundamental to understanding their performance and viability as biomaterials in dentistry. Therefore, this comparative study investigated the physical and mechanical properties of 3D printing resins indicated for full denture bases, compared to conventional thermosetting resin (PMMA), after thermocycling simulating one year of use. The experimental group consisted of three types of 3D printing resins (BB, BS and CD), while the control group used the thermosetting resin (TR). The spectrophotometer was used to assess changes in color ( $\Delta E$ ), gloss ( $\Delta GU$ ). Surface roughness ( $S_a$ ) was evaluated by confocal laser microscopy, and Knoop microhardness (HK) was tested using a microhardness tester. Evaluations were carried out before and after 1.000 thermocycling cycles 5 - 55 °C lasting 30s at each temperature. The data did not show normal distribution and homoscedasticity and were evaluated by Wald test in Generalized Linear Models ( $\alpha=0.05$ ). The results showed significant differences between the groups in relation to all the properties evaluated. For  $\Delta E$  and  $\Delta GU$ , BB showed a greater change than the other resins ( $p<0.001$ ). 3D printing resins showed lower translucency ( $p<0.001$ ) at T0 and T1. BB showed higher  $S_a$  ( $p<0.001$ ), followed by CD ( $p<0.05$ ) at T0 and T1, there was no significant difference between TR and BD. The resins studied showed some results equivalent to and others below those of thermosetting resins, showing that they have a promising future in dentistry, with the development and improvement of their properties.

Keywords: 3D printer resin. Thermopolymerizable resin. Denture base resin. Microhardness. Translucency. Surface roughness. Color change. Gloss. Thermocycling.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	9
2. OBJETIVOS.....	12
2.1. Objetivos gerais.....	12
2.2. Objetivos específicos.....	12
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	12
3.1. Grupos experimentais.....	12
3.2. Obtenção da resina de impressão 3D.....	13
3.2.1. Pré-impressão: criação dos modelos 3D .....	13
3.2.2. Preparo do arquivo para impressão.....	14
3.2.3. Impressão 3D.....	14
3.2.4. Pós-impressão: lavagem.....	16
3.2.5. Fotopolimerização complementar.....	16
3.3. Obtenção dos espécimes das resina termopolimerizável.....	18
3.3.1. Polimento.....	18
3.4. Termociclagem.....	19
3.5. Ensaio de Alteração de cor e brilho.....	20
3.6. Ensaio da Translucidez.....	21
3.7. Ensaio da Rugosidade de Superfície .....	22
3.8. Ensaio de Microdureza.....	23
3.9. Análise de dados .....	23
4. RESULTADOS.....	23
5. DISCUSSÃO .....	27
6. CONSIDERAÇÃO FINAL .....	30
7. CONCLUSÃO .....	31
8. REFERÊNCIAS .....	32



## 1. INTRODUÇÃO

A incorporação de técnicas inovadoras tem acelerado o fluxo digital de muitas práticas odontológicas. Como é um método de prototipagem rápida, os sistemas automatizados de desenho com fabricação auxiliado por computador (CAD/CAM) estão ganhando popularidade entre os profissionais. Isso, reduz o tempo clínico, acelera o desenho de peças específicas e facilita a manufatura, e assim, tanto o profissional quanto o paciente se beneficiam desse método (Skorulska *et al.*, 2021). A tecnologia CAD-CAM tem sido amplamente aceita no campo da Odontologia, principalmente na Odontologia Restauradora. As impressões 3D são capazes de criar uma variedade de tipos de restaurações indiretas a partir de materiais metálicos, cerâmicos ou resinosos (Della Bona *et al.*, 2021; Methani *et al.*, 2020; Kessler *et al.*, 2020).

O software que auxilia o projeto e a fabricação de produtos no sistema CAD/CAM (Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing) foi criado na década de 1980 (Emera; Shady; Alnajih, 2022). O sistema CAD utiliza programas para projetar uma peça em formato virtual, enquanto o sistema CAM é responsável por processar essa peça, transformando-a em um objeto real (Javaid; Haleem, 2019). Esse método tem muitos benefícios que podem ser aproveitados, como a capacidade de melhorar os procedimentos do tratamento restaurador, como modelos de diagnóstico, guias cirúrgicos, restaurações provisórias, placas oclusais, bem como o auxílio no planejamento de tratamento digital, diagnóstico, aplicações ortodônticas e fabricação de restaurações (Scotti *et al.*, 2020).

Os métodos de produção são divididos em técnicas subtrativas e aditivas (Sulaiman, 2020). Na produção subtrativa, a fresagem é feita por brocas especiais, mas a capacidade de lidar com geometrias mais complexas e o número de objetos que podem ser produzidos por uma operação são limitadas (Kim *et al.*, 2022). As ferramentas de corte podem apresentar sinais de desgaste quando usadas repetidamente, causando fendas e defeitos nos itens produzidos. Uma das desvantagens que podem ser observadas, é a limitação da resolução da superfície devido ao pequeno raio da ferramenta e a alta perda de material, que pode chegar a 90% durante o processo de fresagem (Soderberg, 2013).

O método aditivo começa com uma representação virtual do objeto feita por meio de um escâner 3D ou um software CAD (Javaid; Haleem, 2021). Nesse método, finas camadas de material baseados em modelos 3D são aplicadas sequencialmente para produzir o objeto. Isso reduz o desperdício, não havendo a necessidade instrumentos rotatórios. Além disso,

permite a criação de geometrias mais complexas (Albahri *et al.*, 2021; Kessler *et al.*, 2020; Sulaiman, 2020).

O Procedimento Digital por Luz (DLP) ou estereolitografia (SLA) são bases para a impressão tridimensional. Na abordagem SLA, que pode ser subdividida de acordo com o tipo de fonte de luz e o movimento do feixe no reservatório de resina, uma fina camada da resina é exposta ao laser. Isso faz com que a camada se abra e inicie a reação de polimerização. Para iniciar a polimerização, escaneamentos são realizados após a impressão das camadas (Fuh *et al.*, 1999; Kessler *et al.*, 2020; Revilla-Léon *et al.*, 2019). Um projetor digital pode usar a técnica DLP, que deriva do SLA, para criar estruturas 3D a partir de modelos computadorizados emitindo flashes de luz, que podem ser laser ou diodos emissores (Albahri *et al.*, 2021; Scotti *et al.*, 2020). A rapidez, alta definição e menor custo são algumas das vantagens do DLP em relação às técnicas SLA. Ao usar DLP, uma técnica de luz projetada na tela com o contorno necessário, o número de objetos ou contornos complexos não afetam o tempo de exposição. A tecnologia DLP tem sido mais aceita por causa de seus benefícios e está sendo incorporada nos consultórios odontológicos (Alsandi *et al.*, 2019).

As peças impressas pela tecnologia 3D com as técnicas de SLA e DLP passam por três etapas distintas: 1) fabricação da peça (exposição à luz), 2) Movimento da plataforma (lavagem para remover a resina aderida à superfície) e 3) Pós-polimerização (preenchimento do espaço com resina). Quando fotoiniciadores são ativados, a exposição a luz faz com que a camada se solidifique, abrindo espaço para a próxima camada. A resina então flui para o espaço liberado. Isso cobre a camada polimerizada anterior e permite que a camada seguinte polimerize (Kessler *et al.*, 2020; Jockusch; Ozcan, 2020). Os solventes mais comuns durante o movimento da plataforma, são o álcool isopropílico ou o triptopileno glicol monometil éter (TPM). A resina residual pode aumentar a citotoxicidade, o que leva a uma resposta inflamatória. Ela pode também promover o desenvolvimento de microrganismos cariogênicos e causar alergia locais e sistêmicas. No entanto, como o solvente pode penetrar na matriz e enfraquecer a resina, a remoção da resina não polimerizada pode resultar na diminuição das propriedades mecânicas do produto final, como a resistência à fratura. Como resultado, o processo de lavagem, embora relativamente fácil, requer pesquisas adicionais sobre a biocompatibilidade e às propriedades biomecânicas (Hwangbo *et al.*, 2021).

A técnica aditiva economiza porque não exige instrumentos rotatórios e evita o desperdício de material (Albahri *et al.*, 2021; Kessler *et al.*, 2020; Sulaiman, 2020). O resultado final é fortemente impactado pelas variáveis como espessura da impressão, espessura da camada a camada, intensidade e velocidade do laser e orientação e ângulo da

impressão. A orientação da impressão afeta a precisão da impressão e as propriedades mecânicas do produto final, por isso, é um fator importante nos estágios iniciais. Além disso, as características da superfície influenciam a adesão de microrganismos, a facilidade de limpeza da peça obtida e a estabilidade de cor (Shim *et al.*, 2020).

Mas, de acordo com Söderberg (2013), as informações científicas consolidadas são insuficientes devido ao rápido desenvolvimento dessa abordagem. Após essa breve revisão da literatura, torna-se claro que novos estudos devem ser dirigidos à melhoria da qualidade de superfície, a confiabilidade dos processos com materiais de baixo custo, a redução do tempo de produção e consideração do ângulo de impressão das restaurações e da espessura das camadas (Kessler; Hickel; Reymus, 2020). Composição química, propriedades mecânicas, características de união, biocompatibilidade, resposta dos tecidos moles, estabilidade de cor, resistência à união, capacidade de reparo e comportamento clínico devem ser melhor avaliados (Revilla-Léon *et al.*, 2021).

Dentre a categoria de materiais odontológicos recentemente introduzidos, as resinas impressas têm um grande potencial para serem desenvolvidas como biomateriais na odontologia. No entanto, seu uso é relativamente limitado. Não há conhecimento suficiente sobre sua biocompatibilidade e comportamento em condições clínicas (Schmutzler *et al.*, 2021). O uso de resinas acrílicas convencionais, atualmente é considerado o ‘padrão-ouro’, o polimetilmetacrilato (PMMA) é vantajoso em longo prazo devido à economia e simplicidade do processo (Lucente, 2017). Além disso, as resinas impressas têm propriedades e versatilidade de uso notáveis, e a produção delas resulta em uma menor quantidade de resíduos. Mas, devido ao elemento técnico como alta demanda por tempo de trabalho, as várias etapas laboratoriais e grande quantidade de resíduos, os profissionais estão procurando métodos, equipamentos e tecnologias que permitam uma produção mais rápida e com menos etapas. Além de tornar o atendimento mais eficaz, isso pode reduzir a possibilidade de erros (Sotto Maior *et al.*, 2019).

Em um momento em que os recursos naturais estão se tornando cada vez mais escassos, são necessárias novas abordagens para a obtenção de prótese com menos resíduos. As próteses totais devem ser usadas pelos pacientes por longos períodos de tempo, portanto, as introduções de novos materiais odontológicos devem ser associadas à garantia de longevidade. Assim, a substituição de materiais convencionais deve garantir uma durabilidade adequada, além de reduzir resíduos e custos. Para avaliar a durabilidade e o desempenho biomecânico desses novos materiais, foi necessário realizar este estudo.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo gerais:**

O objetivo deste estudo foi comparar as resinas impressas em relação ao polimetilmetacrilato (PMMA) termopolimerizável, indicado para a confecção de bases de próteses, observando as propriedades físicas e mecânicas antes e depois de serem submetidos a procedimentos de termociclagem simulando 1 ano de uso.

### **2.2 Objetivos Específicos:**

- Avaliar alterações de cor e brilho das resinas após a termociclagem.
- Avaliar a translucidez das resinas antes e depois da termociclagem.
- Avaliar a rugosidade de superfície das resinas antes e depois da termociclagem.
- Avaliar a microdureza das resinas antes e depois da termociclagem.

A hipótese nula é que as resinas para base de prótese total, obtidas pela tecnologia de impressão 3D, não apresentarão propriedades físicas e mecânicas diferentes da resina termopolimerizável convencional.

## **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **3.1 Grupos experimentais**

Este estudo foi desenvolvido com dois grupos: o grupo experimental e o grupo controle. No grupo experimental foram utilizadas três resinas de impressão 3D para base de prótese total, com a confecção de 10 corpos de prova (n=10), apresentando 20,0mm de diâmetro e 3,0mm de espessura. Para o grupo controle, foi selecionada uma resina termopolimerizável rosa para base de prótese total, com a confecção de 10 corpos de prova (n=10), também em formato de corpo de prova com 20,0mm de diâmetro e 3,0mm de espessura. A tabela 1 contém informações sobre as resinas utilizadas, incluindo fabricantes, indicações e composições.

Tabela 1 - Marcas, indicações e composições das resinas impressão 3D e resina acrílica convencional.

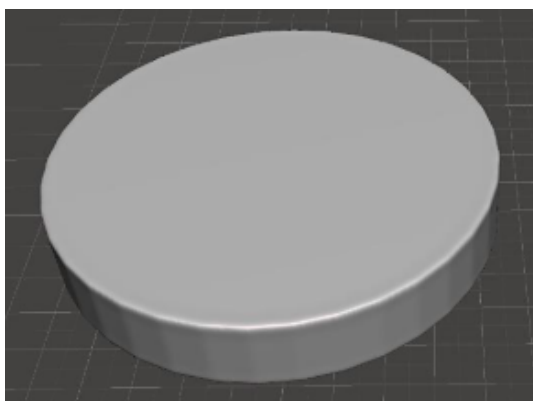
Grupo	Fabricante	Indicação	Composição
<b>Cosmos Denture (CD)</b>	Yller, BR. Biomateriais SA	Base de Próteses	Oligômeros, Monômeros, Fotoiniciadores, Estabilizante, Pigmento
<b>Smart Print Bio Denture (BD)</b>	SmartDent, BR.		Monômeros ésteres metacrílicos, Estabilizante, Iniciadores, Aceleradores
<b>BB Base (BB)</b>	Printax, BR.		Monômeros, Estabilizantes, Pigmentos, Fotoiniciadores
<b>Clássico Acrílico Termopolimerizante – rosa médio com veias (TR)</b>	Clássico artigos odontológicos LTDA, BR.		Pó: Copolímero Metil Etil Metacrilato, DBP, Pigmentos. Líquido: monômero, Metil Metacrilato, Topanol.

### 3.2 Obtenção da resina de impressão 3D

#### 3.2.1 Pré-impressão: criação dos modelos 3D

Para iniciar os estudos do grupo experimental, começamos pela etapa pré-impressão, onde os corpos de prova foram projetados. Antes da impressão tridimensional, os modelos digitais precisam ser preparados. Figura 1.

Figura 1 - Modelo de corpo de prova criado em ambiente virtual.

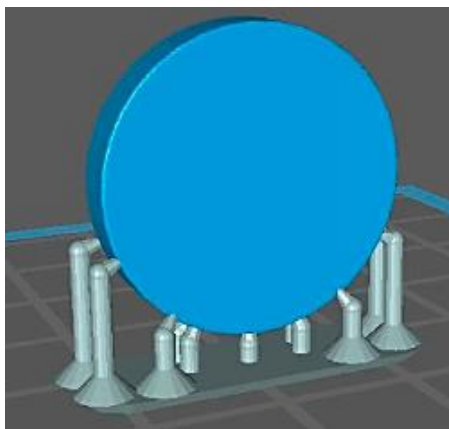


Fonte: Acervo pessoal.

### 3.2.2 Preparo do arquivo para impressão

Quando as amostras em 3D são feitas, elas são exportadas no formato STL (Standard Triangle Language), que é a conversão da malha geométrica em um objeto 3D. Esse objeto foi salvo em dois arquivos diferentes. O primeiro foi salvo no computador e o segundo foi salvo em formato STL. Em seguida, o arquivo STL foi então importado para o software de processamento (CHITUBOX Basic 1.9.1, CBD Technology Co., Shenzhen, China). Esse software transforma as amostras do corpo de prova de resina impressos em 3D em um arquivo que a impressora 3D pode reconhecê-lo. Para garantir a impressão dentro dos limites espaciais e evitar o desperdício de materiais, as amostras tiveram que ser configuradas com as dimensões corretas.

Figura 2 - Inserção de apoios.



Fonte: Acervo pessoal.

### 3.2.3 Impressão 3D

Os corpos de prova foram fixados na bandeja de impressão do Chitubox, para o reconhecimento pelo software de processamento. Assim, o arquivo STL foi dividido em camadas horizontais planas de acordo com as dimensões da amostra. Na última etapa da impressão, a resina foi colocada no reservatório e o arquivo foi executado, iniciando o processo de fatiamento. A plataforma se move, quando chega na posição específica, o sistema LCD por projeção da impressora 3D Phrozen Sonic 4K (Odontomega, Ribeirão Preto-SP, Brasil) ativa a fonte de luz ultravioleta (UV), como demonstrado na figura 3. Essa luz atinge

pontos específicos da resina líquida, fazendo com que ela solidifique e forme a primeira camada. Após isso, a plataforma é elevada até a altura determinada no processo de fatiamento. Em seguida, a fonte UV solidifica a próxima camada e o processo é repetido até que toda a amostra seja concluída (3D LAB, 2019). A tabela 2 apresenta os parâmetros utilizados e testado para calibrar as resinas impressas em 3D.

Figura 3 - Impressora Phrozen Sonic 4k.



Fonte: Acervo pessoal.

Tabela 2 - Parâmetros utilizados para a impressão dos corpos de prova.

Grupo	Altura da camada (mm)	Tempo de exposição (s)	Número de camada base	Tempo de exposição base (s)	Velocidade de elevação/retração (mm/min)
<b>Cosmos Denture (CD)</b>	0,05	3,5	10	40,00	65,0
<b>Bio Denture (BD)</b>	0,05	4,3	10	25,00	60,0
<b>BB Base (BB)</b>	0,05	4,00	8	30,00	65,0

### 3.2.4 Pós-impressão: lavagem

As amostras, ainda na mesa de impressão, foram retiradas de acordo com as instruções do fabricante e submetidas a banhos de álcool isopropílico sob agitação por aproximadamente 3 minutos (Tornado Sistema de Limpeza 3D, Odontomega, Ribeirão Preto - SP, Brasil), com o álcool isopropílico trocado entre os banhos. As amostras foram em seguida secas em temperatura ambiente. A figura 4, mostra o modelo do sistema de limpeza utilizado neste estudo.

Figura 4 - Tornado Sistema de Limpeza 3D.



Fonte: Acervo pessoal.

### 3.2.5 Fotopolimerização complementar

O processo de pós-cura para a fotopolimerização complementar visa aumentar a resistência dos corpos de prova polimerizando sua superfície externa. Para garantir esse objetivo, foi utilizada a cabine de pós-cura Phrozen Cure V2, cujo modelo está demonstrado na figura 5. Esta cabine opera com comprimentos de onda de 365 nm, 385 nm e 405 nm (Forno Foto Phrozen Cure V2, Odontomega, Ribeirão Preto, Brasil). Os tempos de pós-cura



utilizados neste estudo variaram de acordo com as resinas utilizadas, conforme descrito na tabela 3

Figura 5 - Cabine Phrozen Cure V2.



Fonte: Acervo pessoal.

Tabela 3 - Tempo de pós-cura das resinas impressas 3D.

Grupos	Pós-cura (ciclos/minutos)
<b>Cosmos Denture (CD)</b>	1/10
<b>Bio Denture (BD)</b>	1/9
<b>BB Base (BB)</b>	5/1

### 3.3 Obtenção dos espécimes de resina termopolimerizável

Os padrões de cera para o corpo de prova foram feitos com uma matriz de teflon e as mesmas dimensões do grupo experimental ( $\varnothing 20 \times 3 \text{ mm}$ ). Em seguida, esses padrões de cera, foram usados na fabricação das muflas. Depois disso, eles foram colocados em uma matriz metálica convencional N.07, que foram preenchidas com gesso pedra tipo IV (como ilustrado na Figura 6). Após a colocação, as muflas foram aquecidas para a remover a cera. A resina termopolimerizável foi manipulada nas proporções indicadas pelo fabricante e colocadas nos espaços vazios dentro das muflas. Em seguida, as muflas foram fechadas e colocadas em um ciclo térmico de polimerização. Aqueceu-se as muflas a  $1,5^\circ\text{C}/\text{min}$  até atingir  $72^\circ\text{C}$ , mantendo-se nessa temperatura por 1 hora e 30 minutos, seguido por um novo aquecimento a  $1,5^\circ\text{C}/\text{min}$  até  $94^\circ\text{C}$ , onde permaneceu por mais 1 hora e 30 minutos para a completa polimerização da resina.

Figura 6 - Matriz metálica convencionais N.07 com gesso pedra tipo IV.



Fonte: Acervo pessoal.

#### 3.3.1 Polimento

Após a limpeza dos corpos de prova impressos, os suportes de posicionamento de apoio foram removidos. Os corpos de prova em resina impressa e em resina termopolimerizável, foram submetidos ao processo de polimento. Isso foi feito, lixando horizontalmente com lixas d'água nas granulações 600, 1200 e 2000 mesh. Para polimento fina, foi utilizado um pano de polimento com alumina ( $1\mu\text{m}$ ) em suspensão de branco de

Espanha. Os corpos de prova foram numerados e separados de acordo com os grupos de resinas, permitindo assim a realização das análises necessárias (Figura 7).

Figura 7 - Corpo de prova em resina.



Fonte: Acervo pessoal.

### 3.4 Termociclagem

O processo de termociclagem é essencial para pesquisas que tentam reproduzir as mudanças de temperatura e umidade na cavidade oral durante o consumo de alimentos. Assim, uma máquina de simulação de ciclos térmicos (modelo MSCT-3, Marcelo Nucci, São Carlos, Brasil) foi usada para submeter as amostras a 1.000 ciclos de termociclagem, o que equivale a um ano de uso clínico. Este equipamento foi configurado para alternar entre as temperaturas de 5°C e 55°C em cada tanque de água por 30 segundos. Essa fase experimental foi conduzida com base no protocolo apresentado por Gale e Darvell (1999). Esse protocolo estabelece os métodos adequados para testes de restaurações dentárias em condições térmicas simuladas. Assim, a termociclagem favoreceu um ambiente representativo para avaliar as propriedades das resinas impressas e termopolimerizáveis em resposta a mudanças de temperatura. Esse ambiente reproduziu melhor as condições na cavidade oral.

### 3.5 Ensaios da alteração de Cor e Brilho

Os corpos de prova foram fixados no suporte ABS, para o ensaio de cor e brilho, que foi inserido no suporte de bancada  $\Delta 8$  (Figura 9). Posteriormente, o suporte de bancada foi colocado na mesa de trabalho e a densidade dos corpos de prova nos T0 e T1 foi realizada através de um espectrofotômetro (Delta Vista 2.0, Delta Color, Brasil), ilustrado na figura 8. Para cada tempo, foram realizadas três leituras sobre um fundo branco padronizado, onde é colocado somente o suporte de ABS e corpo de prova, como demonstrado na figura 10. Inicialmente, foi feita a análise da cor em T0. Em seguida, após a termociclagem, uma nova leitura foi realizada obtendo os valores em T1. Conforme a metodologia do sistema de cores CIE 2000, os resultados de cor e brilho em T0 foram comparados com os resultados em T1, para determinar alteração de cor e brilho. Utilizando a fórmula do CIE, foi possível calcular a variação de cor e brilho ( $\Delta E$ ) entre [T0] e [T1], resultando em único valor que representa uma alteração total de cor e brilho dos corpos de prova após o envelhecimento artificial.

A fórmula do CIE 2000 estabelece um cálculo que mede a diferença de cor com base nos limites de percepção do olho humano nos espaços de cor do CIE lab ( $L^*a^*b^*$ ). Os ajustes vão ser aplicados a diferença de luminosidade  $\Delta L^*$ , saturação  $\Delta C^*$ , tonalidade  $\Delta H^*$ , pela utilização dos coeficientes, que inclui os efeitos de luminosidade  $L^*$ , saturação  $S^*$ , tonalidade  $H^*$ . Os resultados, são incorporadas ao cálculos no espaço de cor do CIE lab 2000 perceptível ao olho humano (Admin; Admin, 2022).

Figura 8 - Aparelho Delta Vista, espectrofotômetros para análise da cor e brilho.



Fonte: [https://www.deltacolorbrasil.com/espectrofotometro\\_deltavista.html](https://www.deltacolorbrasil.com/espectrofotometro_deltavista.html). Acesso: 03/02/2024.

Figura 9 - Suporte de bancada  $\Delta 8$ , corpo de prova e suporte ABS.



Fonte: Acervo pessoal.

Figura 10 - Corpo de prova encaixado para análise de cor e brilho no fundo branco.

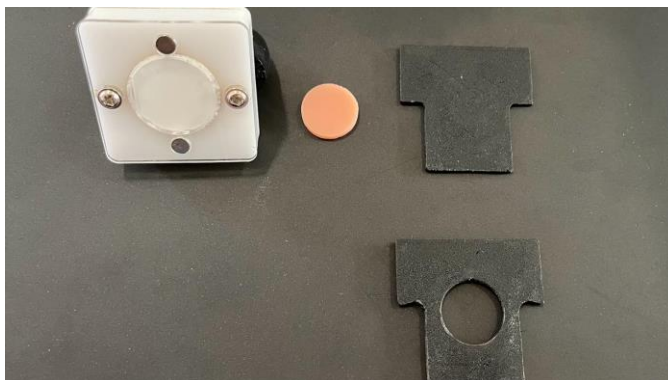


Fonte: Acervo pessoal.

### 3.6 Ensaio da Translucidez

Avaliadas quanto à translucidez, as amostras dos corpos de prova de cada grupo com ajuda do espectrofotômetro (Delta Vista 2.0, Delta Color, Brasil) demonstrado na figura 8. A medida da transmitância e refletância nos comprimentos de onda de 400 a 700 nm, foi usada para realizar avaliação, sendo utilizado suporte ABS com a iluminação padronizada. Foram feitas três leituras para cada tempo, sobre fundo branco e preto, como ilustrado na figura 12. Para análise do fundo branco, é somente colocado o suporte de ABS e o corpo de prova. Para análise com o fundo preto, é colocado o suporte de ABS, corpo de prova e fundo preto. O aparelho Delta foi posicionado sobre a área de medição do suporte ABS. Para calcular a translucidez em [T0] e [T1], foram utilizados os valores no sistema de cor CIE 2000 Lab (Lab\*), obtendo para o cálculo desta forma o valor do  $\Delta$ Brilho. Com isso, obtemos os valores de translucidez para ambos os tempos, [T0] e [T1].

Figura 11 - Suporte de bancada  $\Delta 8$ , corpo de prova, suporte ABS e fundo preto.



Fonte: Acervo pessoal.

Figura 12 - Corpo de prova encaixado para análise da translucidez no fundo branco e fundo preto.



Fonte: Acervo pessoal.

### 3.7 Ensaio da Rugosidade de Superfície

As amostras de corpos de prova de ambos os grupos foram avaliadas quanto à rugosidade de superfície utilizando Microscopia Confocal a Laser (CLSM) (LEXT OLS4000, Olympus, Massachusetts, EUA). Uma lente de aumento (objetiva) de 5X foi utilizada para obter três imagens da superfície de cada corpo de prova, com um campo de visão 2574 x 2577  $\mu\text{m}$  para digitalização. A rugosidade foi calculada usando software (LEXT 3D Measuring Laser Microscope OLS4000, Olympus, Japão), que analisou a superfície após a digitalização e mediu a rugosidade média representativa em micrômetros ( $\mu\text{m}$ ).

### 3.8 Ensaio da Microdureza

O microdurômetro da série HMV-2 (Shimadzu Corp, Kyoto, Japão) foi utilizado para avaliação da microdureza nos corpos de prova de ambos os grupos. Utilizando um penetrador com diamante Knoop, de formato piramidal com base em losango com um ângulo longitudinal de  $172^{\circ} 30'$  e um ângulo transversal de  $130^{\circ}$  entre os planos, foi realizada análise de cinco pontos distintos (mossas) para cada amostra. A carga aplicada foi de 245,2 mN por um período de 5 segundos. O aparelho intencionalmente apresentou resultados de microdureza com as impressões resultantes em formato de losango alongado. É fundamental ressaltar que neste teste, quanto maior o tamanho do losango gerado, menor será a microdureza do material avaliado.

$$HK = 1.451 \times F / d^2$$

Onde: F = Força aplicada (N);  $d^2$  = comprimento da diagonal maior (mm).

### 3.9 Análise dos dados

Os dados foram testados quanto a normalidade e homogeneidade de variância e uma vez que essas duas condições não foram atendidas foi realizado Wald test em Modelo Linear Generalizado (GzLM) para  $\Delta E$  e  $\Delta \text{Brilho}$  e Wald test em Modelo de Equações de Estimativas Generalizadas (GEE) para Translucidez, Rugosidade ( $S_a$ ) e Microdureza (HK). Todas as múltiplas comparações foram ajustadas por Bonferroni Sequencial. Foi considerado nível de significância de 5%.

## 4. RESULTADOS

Com o procedimento da termociclagem realizados nas amostras de ambas os grupos experimentais, a estatística descritiva das propriedades avaliadas para o estudo de base de prótese total, estão apresentados pela tabela 5.



A Tabela 5 apresenta a estatística descritiva das propriedades avaliadas.

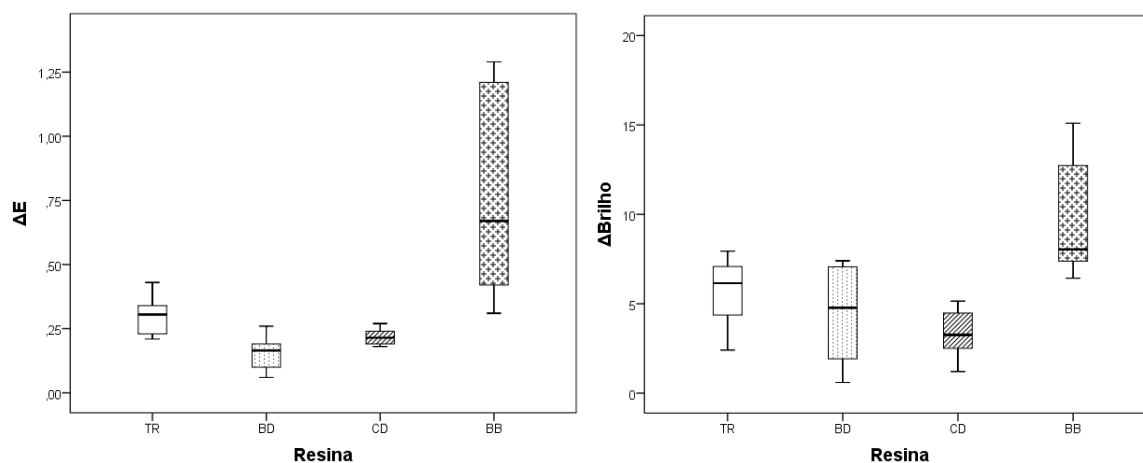
Propriedade	Tempo	Resina	Media $\pm$ DP (Mediana)	95% IC (Mínimo; Máximo)
<b><math>\Delta E</math></b>	T1-T0	TR	0,30 $\pm$ 0,07 (0,31)	0,25; 0,35 (0,21; 0,43)
		BD	0,16 $\pm$ 0,07 (0,17)	0,11; 0,21 (0,06; 0,26)
		CD	0,21 $\pm$ 0,05 (0,22)	0,18; 0,24 (0,11; 0,27)
		BB	0,77 $\pm$ 0,40 (0,67)	0,49; 1,06 (0,31; 1,29)
<b><math>\Delta</math>Brilho</b>	T1-T0	TR	5,67 $\pm$ 1,82 (6,15)	4,37; 6,97 (2,41; 7,94)
		BD	4,52 $\pm$ 2,54 (4,78)	2,70; 6,33 (0,60; 7,40)
		CD	3,34 $\pm$ 1,19 (3,26)	2,49; 4,19 (1,21; 5,15)
		BB	9,87 $\pm$ 3,30 (8,04)	7,51; 12,23 (6,43; 15,10)
<b>Translucidez</b>	T0	TR	5,75 $\pm$ 0,46 (5,64)	5,42; 6,08 (5,40; 7,01)
		BD	2,67 $\pm$ 0,08 (2,70)	2,61; 2,72 (2,53; 2,75)
		CD	3,09 $\pm$ 0,18 (3,07)	2,96; 3,22 (2,86; 3,42)
		BB	3,64 $\pm$ 0,75 (3,77)	3,10; 4,17 (2,44; 4,65)
	T1	TR	5,61 $\pm$ 0,16 (5,63)	5,49; 5,73 (5,24; 5,86)
		BD	2,60 $\pm$ 0,06 (2,60)	2,56; 2,64 (2,53; 2,71)
		CD	3,05 $\pm$ 0,16 (3,05)	2,94; 3,16 (2,83; 3,30)
		BB	3,75 $\pm$ 0,78 (4,22)	3,18; 4,31 (2,81; 4,49)
<b>Sa</b>	T0	TR	0,186 $\pm$ 0,064 (0,175)	0,140; 0,232 (0,120; 0,324)
		BD	0,175 $\pm$ 0,029 (0,174)	0,154; 0,196 (0,128; 0,218)
		CD	0,314 $\pm$ 0,115 (0,307)	0,232; 0,397 (0,179; 0,593)
		BB	0,473 $\pm$ 0,135 (0,501)	0,376; 0,569 (0,279; 0,670)
	T1	TR	0,163 $\pm$ 0,067 (0,141)	0,116; 0,211 (0,115; 0,329)
		BD	0,195 $\pm$ 0,039 (0,197)	0,167; 0,223 (0,137; 0,253)
		CD	0,272 $\pm$ 0,106 (0,257)	0,196; 0,348 (0,163; 0,506)
		BB	0,430 $\pm$ 0,107 (0,399)	0,353; 0,507 (0,286; 0,591)
<b>HK</b>	T0	TR	17,58 $\pm$ 0,34 (17,59)	17,33; 17,82 (17,18; 18,28)
		BD	14,95 $\pm$ 0,83 (14,70)	14,35; 15,55 (13,90; 16,60)
		CD	16,95 $\pm$ 0,86 (17,05)	16,33; 17,56 (15,72; 18,42)
		BB	18,10 $\pm$ 3,79 (19,45)	15,39; 20,81 (10,10; 21,60)
	T1	TR	17,19 $\pm$ 0,33 (17,20)	16,95; 17,43 (16,60; 17,80)
		BD	15,78 $\pm$ 0,27 (15,65)	15,58; 15,98 (15,50; 16,30)
		CD	16,74 $\pm$ 0,52 (16,65)	16,37; 17,11 (16,10; 17,90)
		BB	18,32 $\pm$ 1,84 (18,70)	17,01; 19,63 (15,00; 20,20)

### Alteração cor ( $\Delta E$ ) e brilho ( $\Delta GU$ )

O  $\Delta E$  apresentou uma diferença significativa entre as resinas ( $p < 0,001$ ) em que a resina BB apresentou maior alteração de cor que as demais resinas. O mesmo foi observado para  $\Delta$ Brilho, com maior alteração para BB em comparação com as outras resinas ( $p < 0,001$ ). Os resultados estão representados pela figura 13.



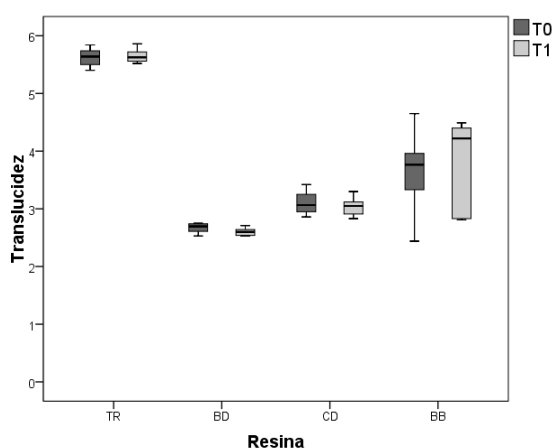
Figura 13 - Gráfico representativo de alteração cor e brilho dos diferentes grupos de resina.



### Translucidez

Ao avaliar a Translucidez, foi verificada diferença significativa entre as resinas ( $p < 0,001$ ), porém não foram verificadas diferenças entre os tempos ( $p = 0,534$ ) e na interação Resina vs tempo ( $p = 0,595$ ). Ao comparar as resinas, foi possível observar maior translucidez para a resina TR, seguida da resina BB, CD e BD, respectivamente, com diferenças significantes entre todas as resinas. Os resultados estão representados pela figura 14.

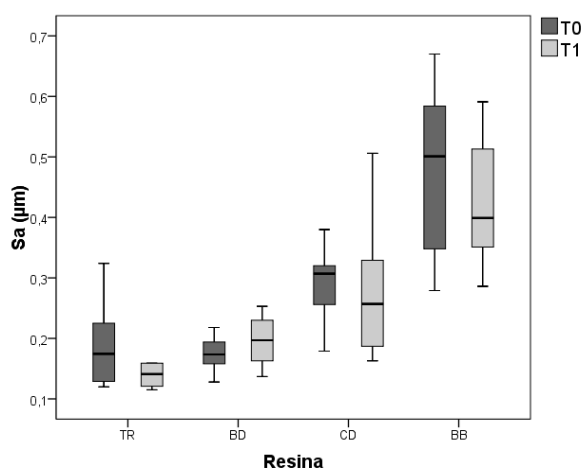
Figura 14 - Gráfico representativo de Translucidez dos diferentes grupos de resina.



### Rugosidade de superfície

Ao avaliar a Rugosidade, após a termociclagem, foi verificada diferença significativa entre as resinas ( $p<0,001$ ) os tempos ( $p=0,013$ ) e a interação Tempo vs Resina ( $p=0,001$ ). Avaliando a interação, foi possível verificar que não houve diferença significativa entre T0 e T1 para nenhuma das resinas. Ao comparar as resinas em cada tempo, para T0, BB apresentou maior rugosidade que as demais resinas, seguida de CD que apresentou maior rugosidade que TR e BD, não foi encontrada diferença significativa entre TR e BD; para T1, BB apresentou maior rugosidade que as demais resinas, CD apresentou maior rugosidade que TR e BD que apresentou valores intermediários a TR e CD. Os resultados estão representados pela figura 15.

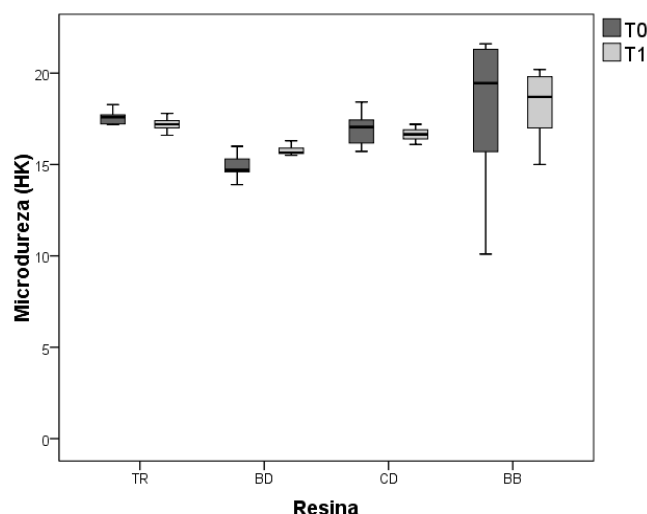
Figura 15 - Gráfico representativo de Rugosidade de Superfícies dos diferentes grupos de resina.



### Microdureza (HK)

Para HK, houve diferença significativa entre resinas ( $p<0,001$ ) e na interação resina vs Tempo ( $p<0,001$ ). O tempo ( $p=0,573$ ) não foi significativo. Ao avaliar a interação, é possível observar que para a resina BD a microdureza aumentou com o tempo ( $p=0,007$ ), não houve diferença entre os tempos para as demais resinas. Ao comparar as resinas em cada tempo, em T0, BD apresentou menor microdureza que CD e BB; em T1, BD apresentou menor microdureza que todas as outras resinas. Os resultados estão demonstrados na figura 16.

Figura 16 - Gráfico representativo de Microdureza (HK) dos diferentes grupos de resina.



## 5. DISCUSSÃO

O presente estudo realizou uma comparação entre as resinas impressas 3D com o polimetilmetacrilato (PMMA), considerado o padrão-ouro, para a confecção de bases de próteses dentárias. A termociclagem de 1.000 ciclos foi realizada, para simular um ano de uso clínico das próteses, devido ao seu uso diário, são expostas ao estresse térmico. Para garantir benefício ao paciente e ao profissional, foram avaliadas as propriedades de alteração de cor e brilho, translucidez, rugosidade de superfície e microdureza. O resultado deste estudo mostrou que as propriedades avaliadas em vários grupos de resina diferem estatisticamente. Como resultado, hipótese nula testada não foi aceita. Essas descobertas são importantes para a compreensão das vantagens e limitações das resinas impressas em 3D em relação às resinas convencionais, contribuindo assim para o avanço da prática clínica e o aprimoramento dos tratamentos protéticos oferecidos aos pacientes.

As resinas odontológicas são essenciais para a reprodução das características desejadas e pelos pacientes, pois um dos principais motivos pelos quais os pacientes procuram um cirurgião dentista é a busca por um sorriso bonito e harmonioso. Um espectrofotômetro (Delta Vista 2.0, Delta Color, Brasil) foi usado para realizar o ensaio de alteração de cor e brilho neste estudo. Os resultados foram calculados usando a fórmula do CIE2000. Com os resultados, em comparação com as outras resinas, a resina BB Base apresentou alterações mais significativa de cor e brilho em [T0] e [T1]. Isso sugere que as resinas impressas

restantes não sofram mudança significativas em respostas aos fatores intrínsecos e extrínsecos relacionados à ingestão de alimentos e às variações de temperatura na cavidade bucal. Essa característica indica que essas resinas terão resultados estéticos mais duradouros e promissores. Os resultados deste estudo colaboram com os resultados de Karaoglanoglu *et al.* (2023), que também demonstrou que as resinas impressas 3D mudam mais de cor quando expostas a alimentos líquidos contendo corantes, especialmente quando consumidos com frequência. Como as resinas permaneceriam em contato com esses alimentos por um período prolongado, essa exposição prolongada pode prejudicar a aparência das próteses. Todas as resinas podem perder a cor e o brilho. Os hábitos alimentares, higiene oral inadequada, polimerização incompleta e a capacidade de absorção dos fluidos do material são alguns dos fatores que podem afetar o grau de absorção de fluido ingeridos (Karaoglanoglu *et al.*, 2023). De acordo com os resultados, sugere que a resina BB Base, é a mais suscetível a essa mudança. Os resultados mostram que a estética e a durabilidade da base da prótese podem ser comprometidas se os pacientes frequentemente consomem alimentos ricos em cores e sofrem variações bucais causada pela alimentação. Essas informações são essenciais para escolher o material mais adequado para cada caso clínico, levando em consideração os hábitos alimentares e as condições de saúde bucal do paciente.

Segundo Queiroz *et al.* (2007), a translucidez é uma característica diretamente relacionada à cor e tem um impacto significativa no efeito estético de um componente dental. O policromatismo, que resulta da absorção e da passagem de luz através do material, dá ao dente uma aparência natural devido às diferentes estruturas presentes. No presente estudo, o ensaio de translucidez foi realizado usando um espectrofotômetro (Delta Vista 2.0, Delta Color, Brasil), com um fundo padronizado em branco e preto. Os resultados foram obtidos utilizando a fórmula CIE. Os resultados mostram que a resina termopolimerizável apresentou maior translucidez, seguida pela resina BB Base, Cosmo Denture e Bio Denture, respectivamente, com diferenças notáveis entre todas as resinas. Não houve diferenças no tempo de exposição. O desempenho da translucidez está relacionado às características de reflexão do material, que são influenciadas pelo tamanho das partículas da resina, de acordo com a revisão da literatura de Andrade e Couto (2017). Além da quantidade de carga inorgânica e da matriz resinosa, essas partículas dispersam a luz no interior do material. A translucidez aumenta com a reflexão da luz em resina mais porosas. Devido à menor absorção e à maior passagem de luz, a resina Termopolimerizável pode apresentar-se mais porosa. Isso resulta, em uma pigmentação mais clara e favorável à estética. Os estudos da pesquisa realizados por Gad *et al.* (2022) também mostram que as resinas impressas 3D têm valores de

translucidez mais baixo do que a resina termopolimerizável. Esses resultados colaboram os achados deste estudo.

As marcas, ranhuras e sulcos na superfície de uma peça que foram causados pelo processo de fabricação, são chamados de rugosidade de superfície, de acordo com Lopes (2020). A pesquisa realizada por Sarac *et al.* (2006) e Shim *et al.* (2020) descobriu que quanto mais áspera for a superfície, mais provável é que haja manchas na prótese e maior a adesão microbiana. Isso ocorre porque a rugosidade torna áreas inacessíveis, o que torna mais difícil limpar. Além disso, devido à dificuldade motora comuns aos usuários de prótese, muitos dos quais são idosos, a durabilidade da prótese pode ser comprometida. Este estudo, constatou que, para nenhuma das resinas, houve diferença significativa entre os grupos [T0] e [T1]. Mas para o grupo [T0], a resina BB Base apresentou a maior rugosidade; a resina Cosmo Denture, foi a segunda mais rugosa, e a resina Termopolimerizável e a Bio Denture não mostram diferenças significativas. Para o grupo [T1], a resina BB Base apresentou novamente o maior grau de rugosidade, seguida pela Cosmo Denture. Por outro lado, a Termopolimerizável e a Bio Denture apresentaram valores intermediários. Essas descobertas colaboram com os achados de Freitas *et al.* (2022), que mostraram que as resinas impressas em 3D têm maior rugosidade do que as resinas convencionais. Além disso, a resina BB Base apresentou maior rugosidade em ambos os exames, sugerindo uma superfície mais áspera. Além disso, como visto em estudos anteriores, isso está relacionado à maior alteração de cor e brilho observada nesta resina. No entanto, é importante lembrar que alguns estudos, como o de Reis *et al.* (2003), sugerem que a rugosidade de superfície pode não estar diretamente ligada à mudança de cor. Esses resultados mostram que a rugosidade de superfície é fundamental para a qualidade, durabilidade e desempenho das próteses dentárias. Elas também mostram que é importante levar em consideração essa característica ao selecionar materiais e técnicas de fabricação para garantir o melhor desempenho e conforto para os pacientes.

Passos, Ferreira e Mendonça (2022), definem a microdureza como a medida da resistência de um material à penetração, risco ou endentação superficial. Essa propriedade é fundamental para garantir que o material tenha a resistência superficial necessária para suportar as cargas mastigatórias enquanto o sistema estomatognático funciona. Os parâmetros do microdurômetro da série HMV-2 (Shimadzu Corp, Kyoto, Japão), foram usados para realizar ensaios de microdureza em nosso estudo. Cinco pontos distintos (mossas), foram analisados por amostras. Os resultados obtidos mostram que as resinas diferem significativamente umas das outras, bem como a maneira como a interação entre resina e tempo funciona. A microdureza da resina Bio Denture, aumentou com o tempo, mas houve

diferença significativa entre os tempos para as outras resinas. A Bio Denture em comparação com a Cosmo Denture e BB Base, apresentou menor microdureza no grupo [T0]. Bio Denture demonstrou menor microdureza do que todas as resinas analisadas no grupo [T1]. Esses resultados mostram que a resina Bio Denture teve menor resistência à penetração em ambos os momentos testados. Como resultado desta menor resistência, a resina pode ser mais propensa a não suportar as cargas mastigatórias. Estudos anteriores, como os de Al-Dwairi (2022) e Fonseca (2021), também demonstraram que as resinas convencionais normalmente têm maior microdureza. Como resultado, nossas descobertas reforçam a necessidade de escolher materiais adequados para garantir que as próteses dentárias sejam duráveis e resistentes, especialmente considerando as exigências mecânicas que elas enfrentam durante a mastigação e outras funções do sistema estomatognático.

O presente estudo examinou as propriedades físicas e mecânicas de resinas impressas e convencionais após um ano de envelhecimento artificial acelerado, termociclagem. Nossos resultados foram consistentes com os achados de vários estudos que abordaram a tecnologia emergente das resinas impressas em 3D, que está ganhando popularidade no cenário odontológico. No entanto, são necessárias mais investigações para que possamos sugerir o uso de resinas impressas como uma abordagem padrão em vez do método tradicional. Realizar simulações de ambiente oral de longo prazo levando em consideração uma variedade de fatores intrínsecos e extrínsecos que podem afetar a eficácia das próteses. A avaliação cuidadosa da biocompatibilidade e da composição das resinas impressas também são importantes, pois afetam diretamente as propriedades avaliadas. Podemos eventualmente sugerir que as resinas impressas sejam o melhor método para fazer bases de próteses, superando o método convencional, que atualmente é considerado o padrão-ouro, quando esses estudos forem concluídos e todos os parâmetros da nova tecnologia avaliados. Essa transição poderia representar um grande avanço no campo da odontologia, dando aos profissionais e às pacientes vantagens em termo de precisão, durabilidade e qualidade das próteses dentárias.

## **6. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

As resinas de impressão 3D podem ser consideradas como alternativa viável e promissora para as resinas termopolimerizáveis. Embora, as resinas de impressão 3D também apresentem desvantagens, como a resistência mecânica e biocompatibilidade, que indicam a necessidade de novos estudos.

Assim, as propriedades das resinas impressas 3D apresentam um bom futuro na odontologia, onde demonstrou ser eficiente em termos de tempo e material, menor desperdício em comparação com a produção subtrativa convencional. Com base neste estudo, podemos afirmar que a resina impressa tem grande potencial para o uso odontológico, especialmente para casos de prótese dentária, de forma a não comprometer as propriedades estética e mecânica e ter eficiência no processo de fabricação com alta qualidade.

## 7. CONCLUSÃO

O presente estudo, teve como intuito ser comparativo, entre as resinas de impressão 3D e a resina termopolimerizável convencional (PMMA), usados para fabricação de bases prótese total.

Após 1.000 ciclos de termociclagem, duas resinas de impressão 3D mostraram com menor alteração de cor e brilho em comparação com a resina termopolimerizável. Portanto, acreditamos que esses materiais sejam mais estáveis em condições de temperatura e umidade. As resinas de impressão 3D apresentaram menor translucidez, o que pode ser um problema quando se trata da estética das próteses dentárias, por não reproduzir uma aparência mais natural.

Os resultados da rugosidade de superfície das resinas variaram. Algumas apresentaram superfícies mais suave, enquanto outras mostraram ter uma rugosidade ligeiramente maior, como na resina impressa BB Base. Com isso, essa diferença pode influenciar a biocompatibilidade e a resistência ao acúmulo de placa bacteriana.

Na microdureza das resinas de impressão 3D, demonstrou valores menores em relação à resina termopolimerizável, sendo uma propriedade fundamental para a resistência e durabilidade das próteses.

## 8. REFERÊNCIA

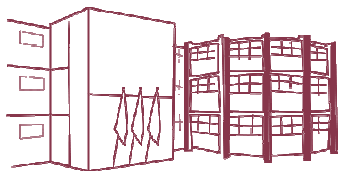
1. ADMIN.; ADMIN. **Equações CIE  $\Delta E^*$  (Diferença de cor)**. Disponível em: <<https://www.alephgraphics.com.br/equacoes-cie-%CE%B4e-diferenca-de-cor/>>. Acesso em: 6 Fevereiro 2024.
2. ANDRADE, S.H., COUTO, Y.F. **Propriedades ópticas das resinas composta**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso do Curso de odontologia (Formato de artigo). Universidade de São Francisco, Bragança Paulista, 2017. Disponível em: <<https://lyceumonline.usf.edu.br/salavirtual/documentos/3172.pdf/>> Acesso em: 13 Fev. 2024.
3. ALBAHRI, R.; YOON, H.I.; LEE, J.D.; YOON, S.; LEE, S.J. **Shear bond strength of provisional repair materials bonded to 3D printed resin**. *J. Dent. Sci.* 2021, *16*, 261–267. Doi:10.1016/j.jds.2020.05.003.
4. AL-DWAIRI, N. Z. **A Comparison of the Surface and Mechanical Properties of 3D Printable**. *Journal Of Prosthodontics*, 2022. Doi: 10.1111/jopr.13491.
5. ALSANDI, Q.; IKEDA, M.; NIKAIDO, T.; TSUCHIDA, Y.; SADR A.; YUI, N.; SUZUKI T.; TAGAMI J. **Evaluation of mechanical properties of new elastomer material applicable for dental 3D printer**. *J Mech Behav Biomed Mater.* v. 100, p. 103390, jul. 2019. Doi: 10.1016/j.jmbbm.2019.103390.
6. DA SILVA, S. B. et al. **Métodos de avaliação da dureza e rugosidade superficial de biomateriais odontológicos**. *Métodos e Técnicas de Pesquisa Aplicada à Odontologia*, n. June 2020, p. 123–162, 2019.
7. DELLA BONA, A.; CANTELLI, V.; BRITTO, V. T.; COLLARES, C. F.; STANSBURY, J. W. **3D printing restorative materials using a stereolithographic technique: a systematic review**. *Dent Mater*, v. 37, n. 2, p. 336-350, fev. 2021. Doi: 10.1016/j.dental.2020.11.030.
8. 3D LAB soluções em impressão 3D. **Manufatura aditiva: saiba o que é e o que ela representa**. 2019. Disponível em: < <https://3dlab.com.br/o-que-e-manufaturaaditiva/>> Acesso em: 22 Fev. 2024.
9. EMERA, R. M. K.; SHADY, M.; ALNAJIH, M. A. **Comparison of retention and denture base adaptation between conventional and 3D-printed complete dentures**. *Journal of Dental Research, Dental Clinics, Dental Prospects*, v. 16, n. 3, p. 179– 185, 2022. Doi: 10.34172/joddd.2022.030.
10. FONSECA, M. F. F. **Microdureza e resistência à flexão de resinas CAD-CAM submetidas a envelhecimento térmico**. 2021. Dissertação de mestrado em Integrado Medicina Dentária. Universidade de Lisboa, Lisboa, 2021. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10451/50191/>>. Acesso em: 13 Fev. 2024.
11. FREITAS, R. F. C. P.; DUARTE, S.; FREITOSA, S.; DUTRA, V.; LIN, W. S.; PANARIELLO, B. H. D.; CARREIRO, A. D. F. P. **Physical, Mechanical, and Anti-**



- Biofilm Formation Properties of CAD-CAM Milled or 3D Printed Denture Base Resins: In Vitro Analysis.** Journal Of Prosthodontics, October 2021, p. 38–44, 2022. Doi: 10.1111/jopr.13554.
12. FUH, J. Y. H. *et al.* **Curing characteristics of acrylic photopolymer used in stereolithography process.** Rapid Prototyping Journal, v. 5, n. 1, p. 27–34, 1999. DOI: 10.1108/13552549910251855.
  13. GAD, M. M.; ALSHEHRI, S. Z.; ALHAMID, S. A.; ALBARRAK, A.; KHAN, S. Q.; ALSHAHRANI, F. A.; ALGARAWI, F. K. **Water sorption, solubility, and translucency of 3D-printed denture base resins.** Dent J (Basel), v. 10, n. 3, p. 42, mar. 2022. Doi: 10.3390/dj10030042.
  14. HWANGBO N.K.; NAM, N. E.; CHOI, J. H.; KIM, J. E. **Efeitos do tempo de lavagem e da solução de lavagem na biocompatibilidade e nas propriedades mecânicas de materiais de resina dentária impressos em 3D.** Polímeros. 2021; 13(24):4410. Doi: 10.3390/polym13244410.
  15. JAVAID, M.; HALEEM, A. **Current status and applications of additive manufacturing in dentistry: A literature-based review.** Journal of Oral Biology and Craniofacial Research, v. 9, n. 3, p. 179–185, 2019. Doi: 10.1016/j.jobcr.2019.04.004.
  16. JOCKUSCH, J.; ÖZCAN, M. **Additive manufacturing of dental polymers: An overview on processes, materials and applications.** Dental Materials Journal, v. 39, n.3, p. 345–354, 2020. Doi: 10.4012/dmj.2019-123.
  17. KARAOGLANOGLU, S; AYDIN, N.; OKTAY, E. A.; ERSOZ, B. **Comparação das propriedades de superfície de resinas restauradoras permanentes impressas em 3D e blocos CAD/CAM à base de resina.** Oper Dent, v. 48, n. 5, p. 588–598, 1 set. 2023. Disponível em: Doi.org/10.2341/23-006-L. Acesso em: 07 Fev. 2024.
  18. KESSLER, A.; HICKEL, R.; REYMUS, M. **3D printing in dentistry-state of the art.** Operative Dentistry, v. 45, n. 1, p. 30–40, 2020. Doi: 10.2341/18-229-L.
  19. KIM, G. T.; GO, H. B.; YU, J. H.; YANG, S. Y.; KIM, K. M.; CHOI, S. H.; KWON, J. S. **Cytotoxicity, Colour Stability and Dimensional Accuracy of 3D Printing Resin with Three Different Photoinitiators.** Polymers, v. 14, n. 5, 2022. Doi: 10.3390/polym14050979.
  20. LOPES, L.E. **Rugosidade Superfície: Desvio de Forma Microgeométrico.** 2020. Artigo em PDF, 2020. Disponível em: <[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5688913/mod\\_resource/content/1/PMR3103%20A4%20Rugo1-20%20Lopes.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5688913/mod_resource/content/1/PMR3103%20A4%20Rugo1-20%20Lopes.pdf)>. Acesso em: 13 Fev. 2024.
  21. LUCENTE A. G. **Desenvolvimento de resina acrílica a base de poli (metacrilato de metila-co-metacrilato de butila) para aplicação em odontologia.** 2017. Universidade estadual paulista, instituto de ciência e tecnologia. Disponível em: <[https://www.ict.unesp.br/php/pesquisa/anexo/Prorrogacao\\_AnaLucente.pdf](https://www.ict.unesp.br/php/pesquisa/anexo/Prorrogacao_AnaLucente.pdf)>. Acesso: 25 Fev. 2024.

22. METHANI, M. M.; REVILLA-LEÓN, M.; ZANDINEJAD, A. **The potential of additive manufacturing technologies and their processing parameters for the fabrication of all-ceramic crowns: A review.** J Esthet Restor Dent, v. 32, n. 2, p. 182-192, mar. 2020. Doi: 10.1111/jerd.12535.
23. PASSOS, V. F.; FERREIRA, R. G. L. A.; MENDONÇA, J. S. **Manual de Materiais Dentários.** 2022. Manual de Materiais Dentários, 2022. Acesso em: 14 Fev. 2024.
24. QUEIROZ, R. S.; ALVIM, H. H.; SILVA, D. N.; GONÇALVEZ, A. M.; PORTO-NETO, S. T. **Methods for evaluation of the translucency of aesthetic restoring materials – literature review.** Rev odontol UNESP, Araraquara, v. 36, n. 2, p. 109-112, abr/jun. 2007.
25. REIS, A. F.; GIANNINI, M.; LOVADINO, J. R.; AMBROSANO, G. M. **Efeitos de diversos sistemas de acabamento na rugosidade superfície e na suscetibilidade a manchas de resinas compostas compactáveis.** Dent Mater, v. 19, p. 1218, 2003.
26. REVILLA-LEÓN, M. D. D. S.; *et al.* **A review on chemical composition, mechanical properties, and manufacturing work flow of additively manufactured current polymers for interim dental restorations.** Journal of Esthetic and Restorative Dentistry, v. 31, n. 1, p. 51–57, 2019. Doi: 10.1111/jerd.12438.
27. SARAC, D.; *et al.* **O efeito das técnicas de polimento na rugosidade superfície e mudança de cor de resinas compostas.** J Prótese Dent 2006; 96: 3340.
28. SCHMUTZLER, A.; RAUCH, A.; NITSCHKE, I.; LETHAUS, B.; HAHNEL, S. **Cleaning of Removable Dental Prostheses – a Systematic Review.** Journal of Evidence-Based Dental Practice, v. 21, n. 4, p. 1–12, 2021. Doi:10.1016/j.jebdp.2021.101644.
29. SCOTTI, C. K.; VELO, M. M. A. C.; RIZZANTE, F. A. P.; NASCIMENTO, T. R. L.; BOMBONATTI, J. F. S. **Physical and surface properties of a 3D-printed composite resin for a digital workflow.** J Prosthet Dent, v. 124, n. 5, p. 614.e1-614.e5, 2020. Doi: 10.1016/j.prosdent.2020.03.029.
30. SHIM, J. S. *et al.* **Printing accuracy, mechanical properties, surface characteristics, and microbial adhesion of 3D-printed resins with various printing orientations.** J Prosthet Dent, v. 124, n. 4, p. 468-475, out. 2020. Doi: 10.1016/j.prosdent.2019.05.034.
31. SKORULSKA A.; PISZKO, P.; RYBAK, Z.; SZYMONOWICZ, M.; DOBRZYNSKI, M. **Review on Polymer, ceramic and composite materials for CAD/CAM indirect restorations in dentistry-application, mechanical characteristics and comparison.** Materials (Basel). 2021 Mar 24;14(7):1592. Doi: 10.3390/ma14071592.
32. SODERBERG, J. **Automating amateurs in the 3D printing community: Connecting the dots between deskilling and user-friendliness.** Work Organization, Labour & Globalization, v. 7, n. 1, p. 124–140, 2013. Doi: 10.13169/workorglaboglob.7.1.0124.

33. SOTTO MAIOR, B. S. *et al.* **Aplicabilidade clínica dos avanços da tecnologia CAD/CAM em Odontologia.** HU Revista, v. 44, n. 1, p. 29–34, 2019. Doi: 10.34019/1982-8047.2018.v44.13948.
34. SOTO MONTEIRO, J. R. **Avaliação das propriedades mecânicas, físicas, e ópticas de resina provisória indicadas para uso em impressora 3D.** 2021. Tese (Doutorado em Dentística) - Faculdade de Odontologia de Piracicaba da Universidade Estadual de Campinas, 2021. Disponível em: <file:///C:/Users/User/Desktop/Documentos%20da%20faculdade/TCC/Artigos%20de%20Apoio/SotoMontero\_JorgeRodrigo\_D%20(1).pdf>. Acesso em: 15 Fev. 2024.
35. SULAIMAN, T. A. **Materials in digital dentistry-A review.** J Esthet Restor Dent, v. 32, n. 2, p. 171-181, mar. 2020. Doi: 10.1111/jerd.12566.



### Folha de Informação

Em consonância com a Resolução CoCEx-CoG nº 7.497/2018, informamos que a Comissão de Graduação da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (FORP/USP) em sua 536ª Reunião Ordinária, realizada em 04 de outubro de 2024, **aprovou**, fundamentando-se na sugestão da Subcomissão para Avaliação dos Trabalhos de Conclusão de Curso (TCCs) da Unidade, **a inclusão deste trabalho na Biblioteca Digital de Trabalhos Acadêmicos da USP (BDTA).**

Cumpre-nos destacar que a disponibilização deste trabalho na BDTA foi autorizada pelos autores (estudante e docente orientador), conforme menção constante no trabalho e documentação existente no Serviço de Graduação da FORP.

Ribeirão Preto, 04 de novembro de 2024.

**Prof. Dr. Michel Reis Messoria**  
Presidente da Comissão de Graduação  
FORP/USP