



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE RIBEIRÃO PRETO
Departamento de Materiais Dentários e Prótese



MILENA MOREIRA LIMA

Análise comparativa da microdureza e da rugosidade superficial de resinas para base de próteses totais obtidas por impressão 3D e resinas termopolimerizáveis convencionais

Orientador: Profa. Dra. Rossana Pereira de Almeida

RIBEIRÃO PRETO

2023

MILENA MOREIRA LIMA

Análise comparativa da microdureza e da rugosidade superficial de resinas para base de próteses totais obtidas por impressão 3D e resinas termopolimerizáveis convencionais

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 Cirurgiã-Dentista.

Orientador: Profa. Dra. Rossana Pereira de Almeida

RIBEIRÃO PRETO

2023

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: LIMA, Milena Moreira

Análise comparativa da microdureza e da rugosidade superficial de resinas para base de próteses totais obtidas por impressão 3D e resinas termopolimerizáveis convencionais

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

Agradeço primeiramente à Deus por ter me dado força, coragem e saúde para superar toda e qualquer dificuldade ao longo da graduação e por permitir que este objetivo fosse alcançado.

Aos meus pais, Edimar da Silva Lima e Edineusa Rodrigues Moreira, e ao meu namorado Victor por terem confiado que eu seria capaz, me apoiando e me incentivando, sendo meu alicerce e meu porto seguro. Foi graças à eles que hoje posso celebrar mais essa conquista.

Sem eles, eu nada seria.

Às minhas amigas que tanto me apoiaram com palavras de carinho e compreensão quando mais precisei, por partilhar momentos de choro, de alegria, de conquistas e por estarem sempre comigo.

Agradeço aos meus professores e a todos os funcionários da FORP, em especial à professora Rossana por ter permitido que eu participasse de um projeto ao qual me trouxe grande satisfação e aprendizado e por ter me guiado ao longo de toda essa jornada, e à Ana Paula Macedo, por ter me auxiliado neste projeto, compartilhando tanto conhecimento.

Agradeço, por fim, à FORP por ter sido minha segunda casa ao longo desses cinco anos.

RESUMO

LIMA, Milena Moreira. **Análise comparativa da microdureza e da rugosidade superficial de resinas para base de próteses totais obtidas por impressão 3D e resinas termopolimerizáveis convencionais.** 2023. 24 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2023.

A resina líquida para impressora 3D é um material que cada vez mais tem sido utilizado na Odontologia por profissionais que buscam facilidade e praticidade, redução do tempo de trabalho, redução da geração de resíduos e de desperdício de material, bem como vantagens relacionadas a estética superiores às resinas convencionais. É indicado para a confecção de bases de próteses, dentes artificiais, guias cirúrgicos, modelos de estudo e diversas outras finalidades dentro da Odontologia. Ao optar por este material, espera-se que o mesmo apresente propriedades mecânicas e funcionais adequadas para que o resultado final da peça protética seja de ótima estética, fácil acabamento e polimento, grande durabilidade, sem gerar danos aos tecidos remanescentes do paciente. Durante a higienização da prótese, o uso de enxaguatórios bucais e escovação podem causar arranhões e cavidades que, associados a uma frequência incorreta de higienização, podem gerar acúmulo de biofilme, resultando lesões orais, tais como a estomatite protética. Neste contexto, a análise da microdureza e da rugosidade superficial dos materiais odontológicos com finalidade protética são importantes para que se possa ter previsibilidade do comportamento dos mesmos frente aos danos provocados pelo seu uso. Para a confecção dos corpos de prova do grupo experimental, foi criado um modelo 3D virtual por meio de um software. As amostras foram impressas por meio do sistema DLP, confeccionando 60 corpos de prova (n=20) em formato de disco de 3 marcas de resinas de impressora 3D indicadas para confecção de bases de próteses. Para o grupo controle foram feitos 20 corpos de prova (n=20) com o uso de resina acrílica termopolimerizável conforme a indicação do fabricante. Ambos os grupos foram polidos e submetidos a ensaios de microdureza Knoop e de rugosidade superficial por meio de microscopia confocal a *laser*. Os dados foram testados por meio do Teste de Kruskal-Wallis e pós-teste de Dunn com ajuste de Bonferroni considerando nível de significância de 5%. No ensaio de microdureza, o grupo de resinas impressas em 3D apresentou menores valores de dureza em comparação ao grupo confeccionado convencionalmente. No ensaio de rugosidade

de superfície, os grupos de resina impressa em 3D apresentaram maiores valores de rugosidade de superfície em comparação com a resina termopolimerizável.

Palavras-chave: Resina de impressora 3D. Resina termopolimerizável. Resina de base de prótese. Microdureza. Rugosidade superficial. CAD/CAM.

ABSTRACT

LIMA, Milena Moreira. **Comparative analysis of microhardness and surface roughness of resins for complete denture bases obtained by 3D printing and conventional thermopolymerizable resins.** 2023. 24 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2023.

Liquid resin for 3D printing is a material that has been increasingly used in Dentistry by professionals who seek ease and practicality, reduced working time, reduced waste generation and material waste, as well as advantages related to superior aesthetics. to conventional resins. It is indicated for the manufacture of bases for prostheses, artificial teeth, surgical guides, study models and several other purposes within Dentistry. When opting for this material, it is expected that it presents adequate mechanical and practical properties so that the final result of the prosthetic piece is of excellent aesthetics, easy finishing and polishing, great durability, without causing damage to the patient's remaining tissues. During denture hygiene, the use of mouthwashes and brushing can cause scratches and cavities that, associated with an incorrect frequency of cleaning, can lead to biofilm accumulation, resulting in oral lesions, such as denture stomatitis. In this context, the analysis of the microhardness and surface roughness of dental materials for prosthetic purposes is important in order to have predictability of their behavior in the face of damage caused by their use. For the preparation of the specimens of the experimental group, a virtual 3D model was created using software. The samples were printed using the DLP system, making 60 specimens (n=20) in disk format from 3 brands of 3D printer resins indicated for making prosthetic bases. For the control group, 20 specimens (n=20) were made using thermopolymerizable acrylic resin as recommended by the manufacturer. Both groups were polished and tolerated Knoop microhardness and surface roughness tests by confocal laser microscopy. Data were tested using the Kruskal-Wallis test and Dunn's post-test with Bonferroni adjustment considering a significance level of 5%. In the microhardness test, the 3D printed resin group showed lower hardness values compared to the conventionally made group. In the surface roughness test, the 3D printed resin groups showed higher surface roughness values compared to the thermopolymerizable resin.

Keywords: 3D printed resin. Thermopolymerizable resin. Denture base resin. Microhardness. Surface roughness. CAD/CAM.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
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 dos espécimes em resina de impressão 3D.....	13
3.2.1. Criação do Modelo 3D.....	12
3.2.2. Fatiamento do arquivo.....	14
3.2.3. Impressão 3D.....	15
3.2.4. Lavagem.....	16
3.2.5. Fotopolimerização complementar.....	16
3.2.6. Polimento.....	17
3.3. Obtenção dos espécimes em resina termopolimerizável.....	17
3.4. Ensaio de microdureza.....	18
3.5. Ensaio de Rugosidade.....	19
3.6. Análise de dados.....	19
4. RESULTADOS.....	19
5. DISCUSSÃO.....	22
6. CONCLUSÕES.....	23
7. REFERÊNCIAS.....	23

1. INTRODUÇÃO

A incorporação de tecnologias e equipamentos inovadores, assim como em outros setores, tem se tornado uma realidade nos consultórios odontológicos ¹. A utilização de radiografias digitais, escaneamento intraoral e planejamento digital tem conquistado cada vez mais espaço no dia-a-dia dos profissionais.

As resinas acrílicas convencionais ainda são consideradas como material do tipo “padrão-ouro” devido a suas propriedades e versatilidade de uso ³. Porém, devido ao grande tempo de trabalho demandado, diversas etapas laboratoriais e grande geração de resíduos, tem feito com que cada vez mais profissionais almejem técnicas, equipamentos e tecnologias que permitam uma produção mais rápida em menos fases no processo de trabalho, o que pode reduzir a possibilidade de erros, além de tornar o atendimento mais eficiente quando comparado a técnicas convencionais ^{2,9}.

Arelado a isso, a busca pelo sistema CAD/CAM e as tecnologias que o cercam tem sido sinônimo de evolução. O sistema CAD/CAM (*Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing*), desenvolvido na década 1950, se refere ao uso de *softwares* para auxiliar no projeto e fabricação de produtos ⁴. O sistema CAD utiliza programas para a projeção de uma peça em formato virtual e o sistema CAM é o meio pelo qual essa peça é processada e se torna um objeto real⁸.

Existem diversos meios para transformar um objeto virtual em um objeto real passível de ser usado, seja por meio da manufatura aditiva ou da manufatura subtrativa. A manufatura aditiva refere-se à criação de um objeto a partir da inserção de camadas sequenciais de material a partir de modelos 3D. Já na manufatura subtrativa, o objeto é criado através do desgaste de um bloco maciço. Um exemplo de manufatura subtrativa é o fresamento ⁷. Dentre elas, a técnica de impressão 3D, que utiliza a manufatura aditiva, tem se tornado cada vez mais promissora por permitir que estruturas complexas sejam produzidas com precisão, sem desperdício de material e com reduzido tempo de fabricação ².

A etapa inicial de uso de impressão 3D é a obtenção de uma imagem virtual do objeto, seja por meio de escaneamento intraoral ou desenvolvido em um *software* CAD ⁸. A impressora 3D confecciona o objeto depositando o material em camadas sucessivas, por isso, é preciso que a imagem virtual seja dividida em camadas, se transformando em um arquivo possível de ser lido pela impressora. Então, após a confecção do objeto virtualmente, o arquivo é salvo em formato *stl* (*Standard Triangle Language*). Isso é feito em *softwares* específicos. Após verificar as proporções da imagem, ela é exportada para a impressora para que a peça comece a ser produzida ^{1,5,6,10}.

As tecnologias de impressão 3D mais utilizadas atualmente são: estereolitografia (SLA), processamento de luz digital (DLP), modelagem de deposição fundida (FDM), e sinterização seletiva a laser (SLS), podendo possuir resinas líquidas ou filamentos de polímeros como matéria-prima ⁵. A prototipagem mais popular é a estereolitografia (SLA), que utiliza uma resina líquida monomérica inserida em camadas, formando um polímero que se solidifica quando uma luz ultravioleta intensa é focada na resina, unindo as moléculas até que o objeto seja formado ^{6,7}. Outro método bastante comum é o processamento de luz digital (DLP). O objeto é construído sobre uma plataforma elevatória e uma fonte de luz do projetor cura a resina líquida camada por camada. Enquanto o objeto é construído, o polímero líquido residual é drenado ⁶.

As resinas líquidas utilizadas em impressoras 3D são misturas fotossensíveis de monômeros e oligômeros, pequenas cadeias de moléculas de carbono que, por meio de um processo fotoquímico, se unem formando cadeias mais longas para se transformar em um plástico endurecido ⁵. Podem ser indicadas para confecção de bases de próteses totais, dentes artificiais, guias cirúrgicos, dentes provisórios, modelos de estudo, troquéis e placas miorelaxantes, conforme a escolha do tipo de resina associada à sua finalidade ⁶.

Considerando os materiais odontológicos protéticos disponíveis para venda e o seu crescente uso por profissionais na atualidade, espera-se que resinas de impressão garantam alta precisão e rendimento, facilidade e praticidade durante seu uso, possuam cores semelhantes às da gengiva, permitindo melhor estética, detalhamento, diminua a geração de resíduos sem desperdício de material, bem como que apresente propriedades mecânicas e funcionais adequadas para que o resultado final da peça protética seja de grande durabilidade, sem causar danos aos tecidos remanescentes do paciente.

Além disso, espera-se que esses materiais permitam um fácil acabamento e polimento. A presença de rugosidade na superfície de próteses facilita o acúmulo de restos alimentares, fazendo com que haja a adesão e proliferação de bactérias, sendo um fator desencadeador de lesões orais, tais como a estomatite protética ¹⁶. Neste contexto, a análise da rugosidade dos materiais odontológicos com finalidade protética é de suma importância devido ao seu potencial de retenção de biofilme.

Apesar de existirem diversos tipos, marcas e indicações de resinas para impressora 3D disponíveis no mercado, Prpic et al (2020) apontou em seu estudo que impressos em 3D possuem propriedades mecânicas mais baixas do que a maioria dos outros materiais de base de dentadura ⁹. Um estudo in vitro demonstrou que os grupos de resina impressos em 3D de base de dentadura exibiram menor dureza superficial em comparação com o grupo

convencionalmente polimerizado pelo calor ²³. Outro estudo recente concluiu que espécimes de resina para impressoras 3D exibiram maior rugosidade superficial quando comparadas a resinas convencionais ¹². Mesmo citados anteriormente, poucos são os estudos que avaliam as propriedades físicas e mecânicas destes materiais. Por isso, faz-se necessária a implementação de estudos que avaliem o comportamento destes materiais quando submetidos a ensaios de microdureza e rugosidade de superfície.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivos gerais

O intuito deste estudo in vitro foi o de avaliar as propriedades físicas e mecânicas das resinas utilizadas em impressoras 3D indicadas para bases de próteses.

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar a microdureza Knoop de resinas de impressoras 3D indicadas para a confecção de bases de próteses comparando-as com resina termopolimerizável.
- Avaliar a rugosidade de superfície de resinas de impressoras 3D indicadas para a confecção de bases de prótese comparando-as com resina termopolimerizável.

A hipótese nula é de que não haja diferenças estatísticas entre a resina convencional e as resinas de impressão 3D.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Grupos experimentais

Para os grupos experimentais foram selecionados 3 tipos de resinas de impressão 3D. As resinas utilizadas neste estudo, suas indicações e características estão descritas na tabela 1. Foram confeccionados 60 corpos de prova (n=20), ambos em formato de discos com 20,0mm de diâmetro e 3,5mm de espessura.

Como grupo controle foi utilizada resina termopolimerizável rosa (Clássico, Artigos Odontológicos Clássico LTDA, Campo Limpo Paulista, Brasil), aos quais foram confeccionados 20 corpos de prova (n=20) em formato de discos com 20,0mm de diâmetro e 3,5mm de espessura.

Tabela 1: marcas, composição e indicações das resinas de impressão 3D e resina acrílica convencional.

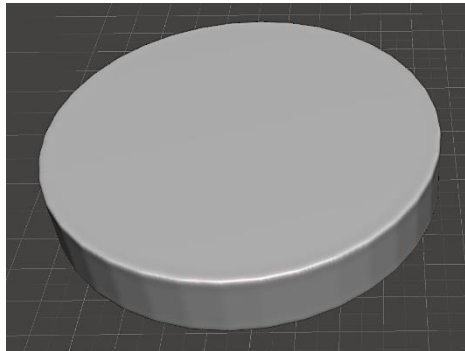
Grupo	Fabricante	Indicação	Composição	Local de Origem
Cosmos Denture (CD)	Yller Biomateriais SA	Base de Próteses	Oligômeros, Monômeros, Fotoiniciadores, Estabilizante, Pigmento	Brasil
Smart Print Bio Denture (BD)	SmartDent	Bases de Prótese Removível	Monômeros ésteres metacrílicos, Estabilizante, Iniciadores, Aceleradores	Brasil
Bb Base (BB)	Printax	Bases de Próteses	Monômeros, Estabilizantes, Pigmentos, Fotoiniciadores	Brasil
Clássico Acrílico Termopolimerizante (RT)	Clássico artigos odontológicos LTDA	Base de Próteses	Pó: Copolímero Metil Etil Metacrilato, DBP, Pigmentos. Líquido: monômero, Metil Metacrilato, Topanol.	Brasil

3.2 Obtenção dos espécimes em resina de impressão 3D:

3.2.1 Criação do Modelo 3D

Para a confecção dos corpos de prova do grupo experimental, a etapa inicial foi a criação do design da amostra. Para isto foi utilizado o *software* Meshmixer, AutoDesk Inc, uma ferramenta gratuita de design de protótipo. Após a criação do modelo de corpo de prova, ainda por meio do uso do *software* citado, foi preciso converter sua superfície externa em diversos triângulos infinitamente menores. Esse agrupamento de figuras geométricas em formato triangular é chamado de malha. As malhas 3D são dinâmicas e compostas por triângulos de alta resolução. A escolha dos triângulos pelos *softwares* se dá pelo fato de ser a figura geométrica mais próxima de um vetor. Quanto mais triângulos formam um modelo, maior o tamanho do arquivo e mais detalhado o objeto. É possível editar as dimensões dos triângulos, criar objetos ou reparar arquivos já existentes^{13,14}. Essa conversão de um objeto 3D em uma malha geométrica é feita salvando o arquivo em formato *stl* (Standard Triangle Language)¹⁵. Desta forma, após a criação dos discos, como demonstrado pela figura 1, o objeto foi salvo em dois arquivos: um arquivo permaneceu no computador e outro foi salvo em formato *stl*.

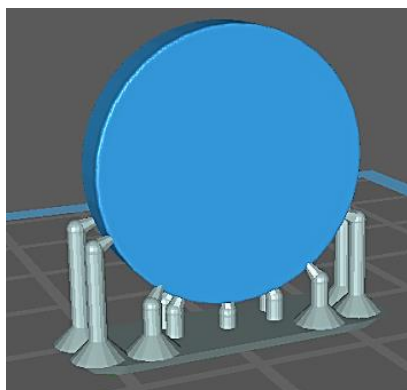
Figura 1: modelo de corpo de prova criado em ambiente virtual.
Fonte: acervo pessoal.



3.2.2 Fatiamento do arquivo

Em seguida, ainda em ambiente virtual, o arquivo em formato *stl* foi exportado ao *software* de processamento (CHITUBOX Basic 1.9.1, CBD Technology Co., Shenzhen, China). Esse *software* é responsável por transformar o objeto em um arquivo possível de ser reconhecido pela impressora 3D. Para isso, é necessário que o arquivo *stl* seja fatiado em centenas de camadas horizontais planas, criando comando e instruções que fazem com que a impressora reconheça os limites espaciais do objeto, suas dimensões e consiga imprimir¹⁵. O software foi devidamente programado com as definições adequadas, visto que essa etapa é de extrema importância para garantir que o objeto seja impresso de forma precisa e sem desperdício de material. Além disso, foram posicionados apoios. Estes, são estruturas adicionadas para que o corpo de prova fique aderido à bandeja de impressão, porém utilizando uma menor área em relação ao seu formato e de forma que necessite de menos matéria-prima. Os apoios, então, conforme mostrado na figura 2, foram utilizados como elementos de união entre a bandeja de impressão e o corpo de prova e foram devidamente removidos em etapas subsequentes.

Figura 2: inserção de apoios. Fonte: acervo pessoal.



3.2.3 Impressão 3D

As amostras foram então impressas. O método de impressão utilizado neste estudo foi o sistema DLP (Digital LightProcessing) por projeção de LCD (Liquid Crystal Display) por meio da impressora Phrozen Sonic 4K Impressora 3D (Odontomega, Ribeirão Preto- SP, Brasil), demonstrada pela figura 3. Em seguida, a imagem 4 demonstra os corpos de prova em etapa final de impressão.

Figura 3: Impressora Phrozen Sonic 4K.

Fonte: https://www.dentalcremer.com.br/impressora-3d-phrozen-sonic-4k-odontomega-117609.html?gclid=CjwKCAjwue6hBhBVEiwA9YTx8FanSsWXABwd5MkyLGi7P8-DxPWmBHSIbN0sNIQYItSPLptWR6ldSB0CJk0QAvD_BwE. Acesso em: 16/04/2023



Figura 4: corpos de prova sendo impressos. Fonte: acervo pessoal.



3.2.4 Lavagem

Ao do fim do processo, foram removidas da bandeja de impressão conforme descreve o fabricante e, em seguida, submetidas a banhos de álcool isopropílico sob agitação (Tornado Sistema de Limpeza 3D, Odontomega, Ribeirão Preto - SP, Brasil), com a troca do álcool isopropílico entre os banhos e secagem em temperatura ambiente.

3.2.5 Fotopolimerização complementar

Somente após a completa secagem dos corpos de prova, o processo de pós-cura para fotopolimerização complementar foi realizado em cabine de pós-cura específico, com comprimentos de onda de 365 nm, 385 nm e 405 nm (Forno Foto Phrozen Cure V2, Odontomega, Ribeirão Preto- SP, Brasil). O modelo de cabine pós-cura utilizado neste estudo está demonstrado na figura 5. As marcas de resinas impressas possuem distintos tempos de pós-cura e estão demonstrados na tabela 2.

Figura 5: Cabine de pós-cura utilizada neste estudo.

Fonte: <https://www.odontomega.com.br/produto/Forno-Foto-Phrozen-Cure-V2/1197>. Acesso em: 16/04/2023



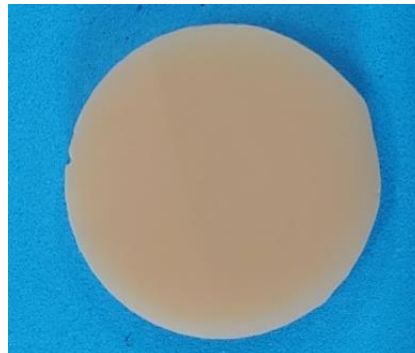
Tabela 2: tempo de pós-cura das resinas de impressora 3D.

Grupo	Altura da camada (mm)	Número de camadas base	Tempo de exposição (s)	Pós-Cura (ciclos / minutos)
Cosmos	0,05	10	2,5	10/1
Bio Denture	0,05	10	4,5	9/1
Bb Base	0,05	8	4,00	3-5/1

3.2.6 Polimento

Após a completa fotopolimerização, foram removidos os apoios, as amostras foram lixadas em politriz horizontal com lixas d'água (320, 600, 1200 e 2000), em pano de polimento com alumina ($1\mu\text{m}$) em suspensão e branco de Espanha. Foram então devidamente separadas em grupos e enumeradas. Na figura 6, há um dos corpos de prova confeccionados em resina impressa.

*Figura 6: corpo de prova resina de impressora 3D após polimento.
Fonte: acervo de Sarah Ribeiro Cruz Araújo*



3.3 Obtenção dos espécimes em resina termopolimerizável

Para o grupo controle, por meio de uma matriz de teflon, foram obtidos padrões de cera em formato de disco com as mesmas dimensões dos corpos de prova do grupo experimental. Os padrões de cera foram incluídos em mufla metálica com gesso pedra tipo IV.

Após a eliminação da cera, a resina termopolimerizável foi manipulada nas proporções indicadas pelo fabricante, inserida nos espaços no interior da mufla e prensada com prensa hidráulica com carga de 1000kgf. Após 1 hora, a mufla contendo as amostras foi submetida ao ciclo térmico de aquecimento de $1,5^{\circ}\text{C}/\text{min}$ até 72°C permanecendo 1h30min nesta temperatura.

Após isso, foi submetida a novo aquecimento a 1,5 °C/min até 94 °C, permanecendo 1h30min nesta temperatura para a completa polimerização da resina. Ao fim da completa polimerização, os corpos de prova foram lixados em politriz horizontal com lixas d'água (320, 600, 1200 e 2000), em pano de polimento com alumina (1µm) em suspensão e branco de Espanha e, por fim, enumerados, conforme mostrado na figura 7.

*Figura 7: corpo de prova resina acrílica após polimento.
Fonte: acervo de Sarah Ribeiro Cruz Araújo*



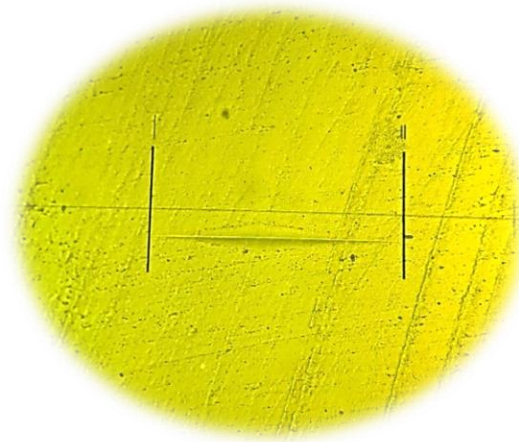
3.4 Ensaio de Microdureza

Microdureza Knoop

Cada corpo de prova de ambos os grupos foi analisado quanto a sua microdureza média. Foram feitas análises em cinco pontos distintos em uma mesma face de cada corpo de prova (mossas) utilizando penetrador Knoop de diamante com ângulo longitudinal de 172° 30' e ângulo transversal de 130°. As impressões resultantes deste teste possuem formato de um losango alongado, ao qual quanto maior o tamanho do losango gerado, menor é a dureza. A carga aplicada foi de 245,2mN por 5 segundos.

Os resultados foram fornecidos pelo aparelho após a medição das diagonais das impressões produzidas para cada amostra, demonstrado pela figura 8. Foi utilizado microdurômetro da série HMV-2 (Shimadzu Corp., Kyoto, Japão).

Figura 8: Imagem microscópica de ensaio de microdureza. Fonte: imagem autoral.



3.5 Ensaio de Rugosidade

Microscopia Confocal a laser

O Microscópio Confocal à Laser (LEXT OLS4000, Olympus, Japão) foi utilizado para avaliar a rugosidade superficial. Foram obtidas três imagens da superfície de cada corpo de prova, utilizando lente de aumento de 5 vezes e campo de visão de $2574 \times 2577 \mu\text{m}$ para digitalização. O cálculo de rugosidade superficial, foi realizado por meio do software (LEXT 3D Measuring Laser Microscope OLS4000, Olympus, Japão), que é capaz de analisar a superfície após digitalização e mensura a rugosidade média, representativa em número (μm).

3.6 Análise de dados

Os dados foram testados quanto a normalidade (Shapiro-Wilk) e homogeneidade de variância (Levene). Uma vez que essas condições não foram atendidas, foi realizado Teste de Kruskal-Wallis e pós teste de Dunn com ajuste de Bonferroni. Foi considerado nível de significância de 5%.

4 RESULTADOS

Microdureza

Houve diferença significativa entre as resinas para a microdureza ($p < 0,001$). A resina Clássico apresentou os maiores valores, sem diferença significativa para BB Base ($p = 0,178$), mas

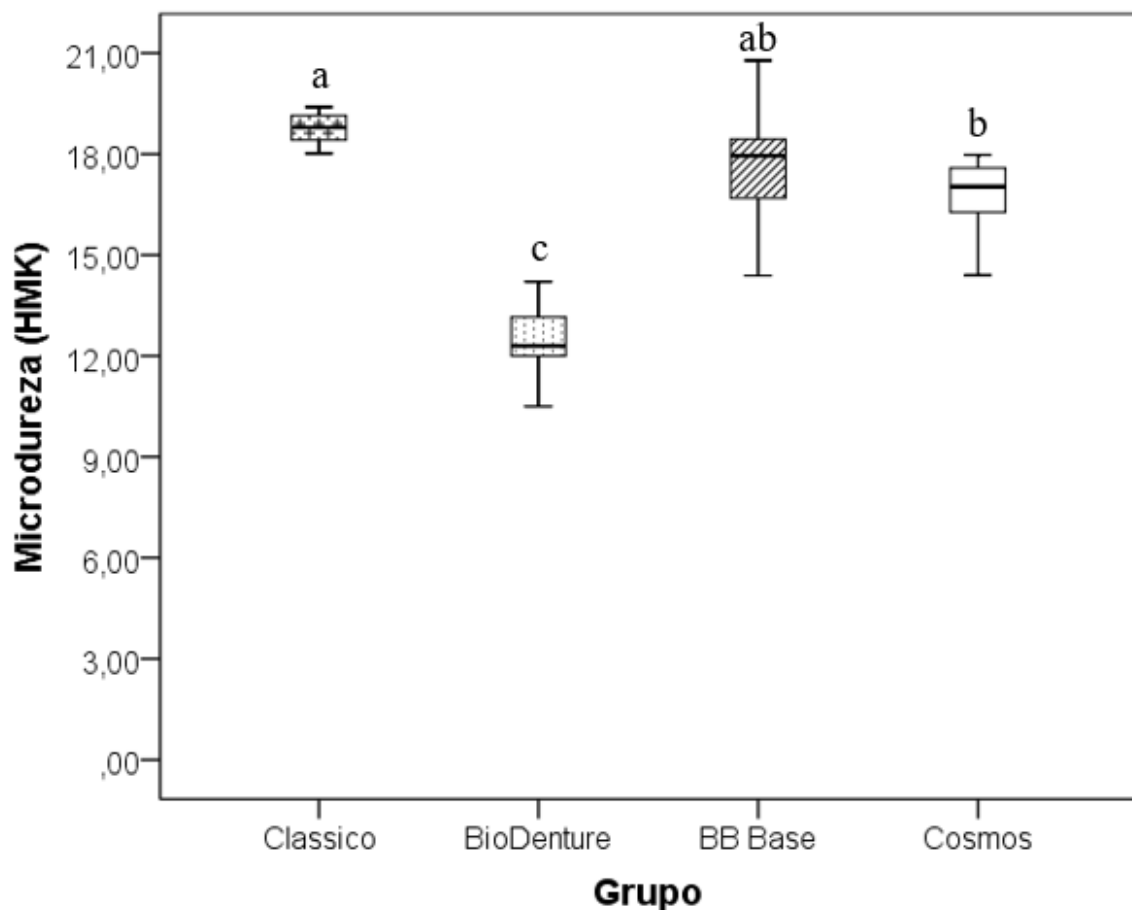
diferente de Cosmos ($p < 0,001$) e BioDenture ($p < 0,001$). BB base não apresentou diferença em comparação à Cosmos ($p = 0,359$), mas apresentou maiores valores que BioDenture ($p < 0,001$). Cosmos apresentou maiores valores que BioDenture ($p = 0,004$). Os resultados estão demonstrados na tabela 3.

Tabela 3: Estatística descritiva da *microdureza (HMK)*

Grupo	Média \pm DP (Mediana)	IC (Mínimo; Máximo)
Classico	18,77 \pm 0,45 (18,79)	18,56; 18,98 (18,02; 19,40)
BioDenture	12,52 \pm 1,23 (12,30)	11,94; 13,09 (10,50; 15,70)
BB Base	17,72 \pm 1,76 (17,95)	16,89; 18,55 (14,38; 20,78)
Cosmos	16,85 \pm 0,90 (17,03)	16,42; 17,27 (14,40; 17,98)

DP: desvio padrão; IC: 95% intervalo de confiança da média;

Figura 9: Diagrama de caixa do ensaio de microdureza e comparações estatísticas.



^{ab} letras iguais indicam semelhança estatística.

Rugosidade superficial

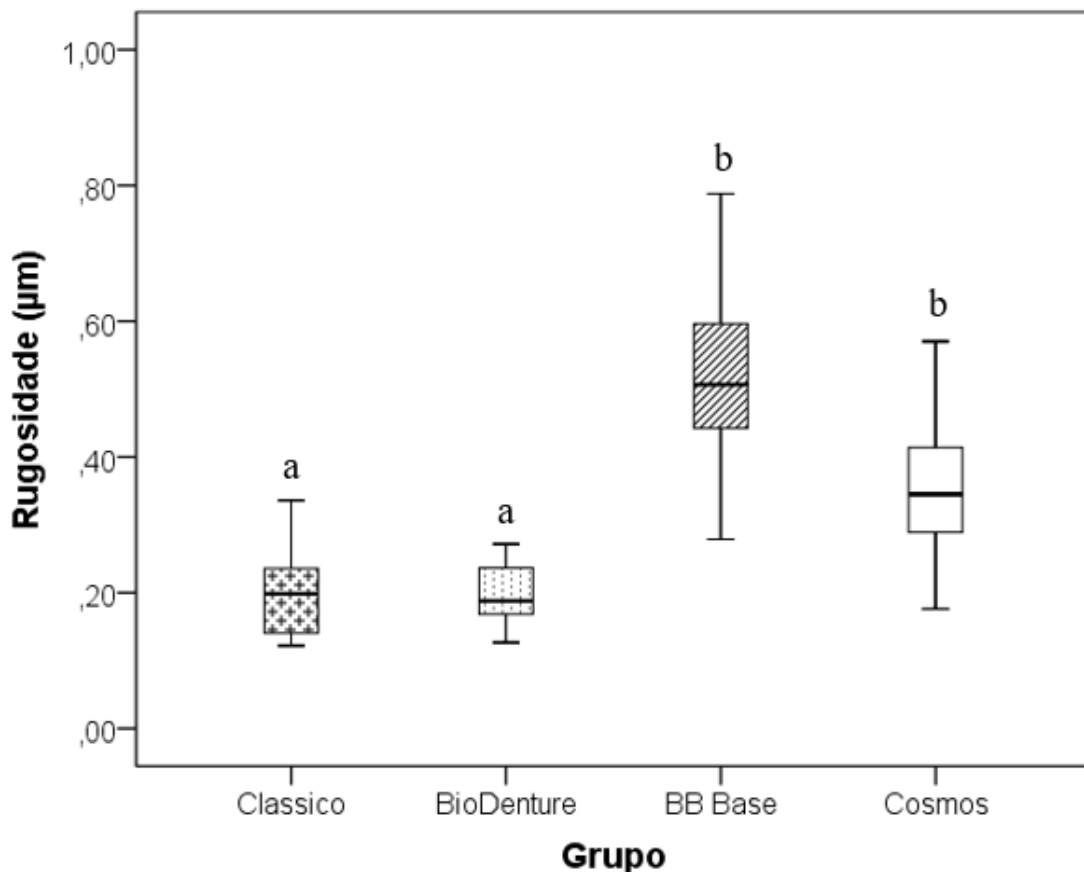
Houve diferença significativa entre as resinas para a rugosidade ($p < 0,001$). BB base apresentou os maiores valores, sem diferença significativa em relação a Cosmos ($p = 0,310$), mas com diferença significativa para BioDenture ($p < 0,001$) e Clássico ($p < 0,001$). Cosmos apresentou valores maiores que BioDenture ($p = 0,004$) e Clássico ($p = 0,001$). Clássico e BioDenture não apresentaram diferença significativa entre si ($p = 1,000$). Os resultados estão demonstrados na tabela 4.

Tabela 4: Estatística descritiva da *rugosidade de superfície* (μm).

Grupo	Média \pm DP (Mediana)	IC (Mínimo; Máximo)
Classico	0,20 \pm 0,06 (0,20)	0,17; 0,22 (0,12; 0,34)
BioDenture	0,24 \pm 0,17 (0,19)	0,16; 0,32 (0,13; 0,92)
BB Base	0,56 \pm 0,23 (0,51)	0,46; 0,67 (0,28; 1,17)
Cosmos	0,24 \pm 0,17 (0,19)	0,16; 0,32 (0,13; 0,92)

DP: desvio padrão; IC: 95% intervalo de confiança da média;

Figura 10: Diagrama de caixa do ensaio de rugosidade e comparações estatísticas.



^{ab} letras iguais indicam semelhança estatística.

5 DISCUSSÃO

O presente estudo avaliou a microdureza e a rugosidade de superfície de resinas de impressão 3D indicadas para confecção de bases de próteses comparando seus resultados aos de resina acrílica termopolimerizável, tendo em vista a pequena quantidade de estudos como este que utilizaram marcas brasileiras e que analisaram suas propriedades físicas e mecânicas. A hipótese nula de que não haveriam diferenças estatísticas entre a resina convencional e as resinas de impressão 3D, conforme mostram os resultados, foi rejeitada. Foram encontradas diferenças estatísticas entre os grupos tanto no ensaio de microdureza quanto no ensaio de rugosidade superficial.

Segundo Passos *et al.* (2022), a dureza pode ser definida como a resistência de um material à penetração, ao risco ou à endentação superficial ²¹. Os ensaios realizados para mensurar as propriedades são importantes para orientar a respeito do comportamento clínico que estes materiais podem apresentar, visto que os meios de higienização da prótese realizados pelo paciente incluem o uso de métodos mecânicos e químicos que causam arranhões e irregularidades em sua superfície. Por isso, é de suma importância que o material possua resistência suficiente para suportar não apenas as forças mastigatórias, mas também os efeitos da higienização da prótese ^{17, 22}. Neste estudo, os resultados de microdureza entre as quatro marcas de resina testada obtiveram valores estatisticamente significantes. O grupo de resinas impressas em 3D apresentou menores valores de dureza em comparação ao grupo confeccionado convencionalmente. BB Base apresentou valores de dureza semelhantes ao da resina termopolimerizável seguida da resina Cosmos. Bio Denture apresentou os menores valores de dureza. Os dados obtidos neste estudo são semelhantes aos encontrados por Al-Dwairi *et al* (2022), aos quais as resinas acrílicas também obtiveram valores de dureza superiores ²³.

Diversos autores demonstram que certos padrões de rugosidade permitem a formação de áreas inacessíveis para uma correta higienização, condição essa que pode ser agravada considerando-se que grande parcela de usuários de próteses dentais são pacientes idosos, que podem possuir algum tipo de dificuldade motora ^{17, 18, 19, 20}. Neste estudo, os grupos de resina impressa em 3D apresentaram maiores valores de rugosidade de superfície em comparação com a resina termopolimerizável. A resina BB Base apresentou os maiores valores de rugosidade, seguida da resina Cosmos. Bio Denture apresentou valores semelhantes ao da resina convencional. Estes resultados semelhantes aos encontrados por Freitas *et al* (2022), ao qual concluiu que espécimes de resina para impressoras 3D exibiram maior rugosidade superficial quando comparadas a resinas convencionais ¹². Os resultados, porém, são distintos

aos demonstrados por Al-Dwairi *et al* (2022), que não encontraram diferenças estatisticamente significantes entre os tipos de resinas em seu estudo.

Embora este estudo tenha utilizado os tipos de ensaio mais indicados para avaliar as propriedades físicas e mecânicas de um material, a ausência de ensaios que envolvam o envelhecimento artificial acelerado, análise de sorção e solubilidade de água, tenacidade à fratura, estabilidade de cor e resistência a flexão podem ter influenciado nos resultados encontrados. Por isso, são necessários mais estudos antes que se possa indicar o uso de resinas de impressão 3D como técnica padrão em detrimento do método convencional.

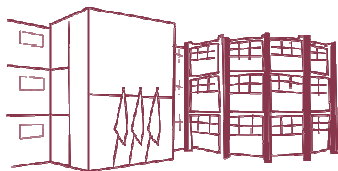
6 CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos neste estudo, é possível concluir que a resina acrílica termopolimerizável convencional apresenta maior dureza Knoop e menor rugosidade superficial que as resinas de impressão 3D. Bases de prótese confeccionadas em resinas impressas podem ter uma menor durabilidade e maior retenção de biofilme do que próteses confeccionadas pelo método convencional.

7 REFERÊNCIAS

1. ETC, M. C. S.; DAS C, LUCIA MS, H. K. AND T. J. 3D printing restorative materials using a stereolithographic technique: a systematic review. HHS Public Access. **Physiology & behavior**, v. 176, n. 3, p. 139–148, 2019.
2. 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.
3. https://www.ict.unesp.br/php/pesquisa/anexo/Prorrogaçao_AnaLucente.pdf
4. 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.
5. 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-manufatura-aditiva/>> Acesso em: 15/12/2022.
6. ZAHARIA, C. et al. Digital Dentistry — 3D Printing Applications. **Journal of Interdisciplinary Medicine**, v. 2, n. 1, p. 50–53, 2017.
7. KIM, G. T. et al. Cytotoxicity, Colour Stability and Dimensional Accuracy of 3D Printing Resin with Three Different Photoinitiators. **Polymers**, v. 14, n. 5, 2022.

8. 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.
9. PRPIĆ, V. et al. Comparison of Mechanical Properties of 3D-Printed, CAD/CAM, and Conventional Denture Base Materials. **Journal of Prosthodontics**, v. 29, n. 6, p. 524–528, 2020.
10. GAD, M. M. et al. Strength and Surface Properties of a 3D-Printed Denture Base Polymer. **Journal of Prosthodontics**, v. 31, n. 5, p. 412–418, 2022.
11. GAD, M. M.; FOUDA, S. M. Factors affecting flexural strength of 3D-printed resins: A systematic review. **Journal of Prosthodontics**, n. January, p. 1–15, 2023.
12. FREITAS, R. F. C. P. DE et al. Physical, Mechanical, and Anti-Biofilm Formation Properties of CAD-CAM Milled or 3D Printed Denture Base Resins: In Vitro Analysis. **Journal of Prosthodontics**, n. October 2021, p. 38–44, 2022.
13. MAHMOUD, A. H.; PORUMBESCU, S. D.; OWENS, J. D. RXMesh: A GPU mesh data structure. **ACM Transactions on Graphics**, v. 40, n. 4, 2021.
14. 3D LAB soluções em impressão 3D. **Quais são os recursos do Meshmixer para as impressões 3D?** 2021. Disponível em: < <https://3dlab.com.br/recursos-do-meshmixer/>> Acesso em: 20/02/2023.
15. 3D LAB soluções em impressão 3D. **Afinal o que é um arquivo STL?** Disponível em: <<https://3dlab.com.br/afinal-o-que-e-um-arquivo-stl/>> Acesso em: 20/02/2023.
16. TEIXEIRA BARBOSA¹, M. et al. Lesões Bucais Provocadas Pelo Uso De Próteses Removíveis Oral Injuries Caused By the Usage of Removable Prosthesis. **Brazilian Journal of Surgery and Clinical Research-BJSCR**, v. 22, n. 2, p. 62–66, 2017.
17. 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.
18. KANTORSKI, K. Z. Influência da rugosidade superficial dos materiais odontológicos na adesão bacteriana: revisão da literatura. **Journal of the American Dental Association, The (JADA)**, v. 19, n. 3, p. 325–330, 2007.
19. SCHMUTZLER, A. et al. Cleaning of Removable Dental Prostheses – a Systematic Review. **Journal of Evidence-Based Dental Practice**, v. 21, n. 4, p. 1–12, 2021.
20. RAYMUNDO, M. L. B. et al. Factors Associated With Visible Biofilm Accumulation in Institutionalized Elders. **Fatores Associados Ao Acúmulo De Biofilme Visível Em Idosos Institucionalizados.**, v. 13, n. 4, p. 715–722, 2020.
21. PASSOS, V. F.; FERREIRA, R. G. L. A.; MENDONÇA, J. S. **Manual de Materiais Dentários. Manual de Materiais Dentários**, 2022.
22. MOSLEHIFARD, E. et al. Evaluation of microhardness in two types of denture bases after using sodium hypochlorite and NatureDent disinfecting agents. **Journal of Dental Research, Dental Clinics, Dental Prospects**, v. 16, n. 3, p. 196–203, 2022.
23. AL-DWAIRI, N. Z. et al. A Comparison of the Surface and Mechanical Properties of 3D Printable. **Journal of Prosthodontics**, 2022.



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 531ª Reunião Ordinária, realizada em 03 de junho 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, 03 de junho de 2024.

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