



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
Campus de Araçatuba

**VICTOR AUGUSTO ALVES BENTO**

**Avaliação das propriedades de superfície, mecânicas e ópticas de resinas acrílicas de base de dentadura confeccionadas pelo método CAD-CAM com processo de envelhecimento e imersão em bebidas corantes**

Araçatuba - SP  
2022

**VICTOR AUGUSTO ALVES BENTO**

**Avaliação das propriedades de superfície, mecânicas e ópticas de resinas acrílicas de base de dentadura confeccionadas pelo método CAD-CAM com processo de envelhecimento e imersão em bebidas corantes**

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia de Araçatuba da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Odontologia – Área de concentração em Prótese Dentária.

Orientador: Prof. Tit. Eduardo Piza Pellizzer.  
Coorientadora: Profa. Adj. Daniela Micheline dos Santos.  
Coorientador: Prof. Adj. Cleidiel Aparecido Araújo Lemos (UFJF–GV).

Catálogo na Publicação (CIP)

Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação – FOA / UNESP

B478a Bento, Victor Augusto Alves.  
Avaliação das propriedades de superfície, mecânicas e ópticas de resinas acrílicas de base de dentadura confeccionadas pelo método CAD-CAM com processo de envelhecimento e imersão em bebidas corantes / Victor Augusto Alves Bento. - Araçatuba, 2022  
69 f. : il.; tab.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Odontologia de Araçatuba  
Orientador: Prof. Eduardo Piza Pellizzer  
Coorientadora: Profa. Daniela Micheline dos Santos  
Coorientador: Prof. Cleidiel Aparecido Araújo Lemos

1. Prótese dentária 2. Bases de dentadura  
3. Polimetil Metacrilato I.T.

Black D3  
CDD 617.64

Ana Claudia M. Grieger Manzatti CRB-8/6315

*Dedico aos meus Pais, José Bento e Ilmária Alves, com amor, admiração e gratidão por todo apoio dedicado aos meus sonhos, por toda dedicação aplicada nos meus estudos, por se fazerem tão presentes na construção da minha carreira profissional, por serem simplesmente a razão de toda minha dedicação e anseio de crescimento.*

## AGRADECIMENTOS

À **Deus**, que sempre abençoou meus planos e guiou meus passos, permitindo grandes realizações que me fazem acreditar ainda mais em meu propósito. Por colocar pessoas em meu caminho que tanto me ensinam e engrandece minha caminhada. Por me agraciar com coragem, paciência, disciplina, discernimento, fé e determinação.

Aos meus pais **José Bento e Ilmária Alves**, que dedicam suas vidas proporcionando dar o melhor aos seus filhos. Por me darem educação e estarem sempre presentes na minha vida escolar. Por acreditarem nos meus sonhos, minha capacidade e apoiar meus planos. Por serem a minha maior fonte de inspiração e força de vontade. Por serem exemplo de honestidade, esforço, união e bondade. Obrigado por tanto amor e força que recebo através de suas orações.

À minha irmã **Fernanda Christine**, que desde a infância foi a minha grande inspiração. Por ser a grande responsável da minha alfabetização dedicando seu tempo me ensinando a ler e escrever. Por ser a minha grande companheira. Por ter me ajudado nos momentos de dificuldades. Por sempre acreditar nos meus sonhos e me impulsionar a alcançá-los. Pela amizade, companheirismo, conselhos e fidelidade.

Aos meus amigos **Mateus Henrique, Gilmar Oliveira e Fernanda Moraes**, que são meus conselheiros fiéis. Por toda confiança, companheirismo, fidelidade e amizade que me proporcionam. Obrigado por serem exemplos de inspiração.

Ao meu orientador **Prof. Tit. Eduardo Piza Pellizzer**, que me aceitou como orientado. Obrigado por depositar tamanha confiança em minha pessoa. Obrigado por tantos ensinamentos e oportunidades. Quando ingressar na pós-graduação ainda fazia parte dos meus sonhos, não imaginava que seria orientado por um profissional tão capacitado e sábio. Um homem de tamanha dedicação e coragem, um profissional admirável.

Ao meu amigo **Cleber Davi Del Rei**, que desde o meu primeiro dia em Araçatuba me acolheu e deu todo suporte necessário para minha mudança. Por dividir comigo toda a jornada do mestrado, sendo o meu maior parceiro na pós-graduação. Por ser um amigo fiel e um grande companheiro de moradia, dividindo os problemas e alegrias do dia a dia.

Aos meus colegas de equipe **Jéssica Gomes e João Pedro**, que tanto me ajudaram no desenvolvimento desse trabalho. Por compartilharem de seus conhecimentos e assim me engrandecendo profissionalmente. Por terem me recebido com tamanho carinho e cuidado. Obrigado por toda convivência harmoniosa e respeitosa.

À **João Mateus Sayeg**, aluno de iniciação científica, que tanto me ajudou no desenvolvimento desse trabalho. Obrigado por toda sua dedicação, esforço e cuidado. Obrigado por ser tão atencioso e disposto. Obrigado por estar ao meu lado em todos os testes dessa pesquisa e por toda ajuda na tabulação dos dados. Obrigado por todo respeito e carinho.

Ao professor **Aldieris Pesqueira**, que sempre se dispõe a ajudar. Por estar na entrevista do mestrado e acreditar no meu potencial. Por ter me acolhido com tamanho carinho e respeito. Obrigado por toda sua disposição, ajuda e atenção. Obrigado por se fazer presente e sempre trazer harmonia ao ambiente. Um profissional admirável.

Aos meus orientadores **Prof. Adj. Daniela Micheline e Prof. Adj. Cleidiel Lemos**, que me proporcionaram todo suporte na construção, execução e análise de dados desse trabalho. Por todo o ensinamento a mim transferido. Por cessar todas minhas dúvidas com tamanha paciência.

Aos meus colegas do departamento de Materiais Dentários e Prótese, que sempre são dispostos a ajudar e aconselhar. Por todas as conversas, carinho e momentos de partilha. Por tornarem a caminhada mais fácil e leve.

Aos professores **Prof. Marcelo Goiato, Prof. Alberto Delbem, e Prof. Paulo Santos**, que disponibilizaram todos os equipamentos necessários para a execução desse trabalho. Por toda atenção prestada e disposição.

À **Faculdade de odontologia de Araçatuba da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”**, que me acolheu como aluno e que tanto me proporciona conhecimento, experiências e vivências. Por ser uma instituição de grande prestígio que está fazendo parte do meu crescimento profissional.

***“Lá na frente a conta fecha”***

***- Wendell Carvalho***



Bento VAA. Avaliação das propriedades de superfície, mecânicas e ópticas de resinas acrílicas de base de dentadura confeccionadas pelo método CAD-CAM com processo de envelhecimento e imersão em bebidas corantes [dissertação]. Araçatuba: Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista; 2022.

## **RESUMO GERAL**

O objetivo desse estudo foi investigar as propriedades de superfície, estabilidade de cor e propriedades mecânicas de resinas acrílicas para base de dentadura do método convencional, processada por micro-ondas, fresada e impressa 3D diante de diferentes tempos de envelhecimento e imersão em bebidas corantes. Além disso, realizar uma revisão sistemática para avaliar e comparar, através de estudos de ensaios clínicos, próteses totais fabricadas pelo método CAD/CAM com fabricadas convencionalmente, em termos de tempo clínico, manutenção, retenção, estabilidade, eficácia mastigatória, satisfação e qualidade de vida. Um total de 480 amostras redondas ( $10 \times 3,3 \pm 0,03$  mm) foram confeccionadas para avaliação das propriedades de superfície e estabilidade de cor, divididas entre os quatro grupos principais de resinas e subdivididas em quatro tempos de análise (T0, T1, T2 e T3) e bebidas corantes (água, café, vinho e refrigerante cola), resultando um  $n = 10$  para cada subgrupo. Um total de 160 amostras retangulares ( $64 \times 10 \times 3,3 \pm 0,03$  mm) foram confeccionadas para avaliação das propriedades mecânicas, divididas entre os quatro grupos principais de resinas e subdivididas em quatro tempos de análise (T0, T1, T2 e T3), resultando um  $n = 10$  para cada subgrupo. A revisão sistemática seguiu os Itens de Relatório Preferenciais para Revisões Sistemáticas e Meta-Análises (PRISMA) e foi registrada no Registro Prospectivo Internacional de Revisões Sistemáticas (PROSPERO) (CRD42022296907). A busca eletrônica foi realizada nas bases de dados PubMed/MEDLINE, Web of Science e Scopus até dezembro de 2021. A questão formulada para população, intervenção, comparação e resultado (PICO) foi “Pacientes reabilitados com próteses totais com tecnologia CAD/CAM apresentam parâmetros clínicos semelhantes aos pacientes reabilitados com próteses totais convencionais?”. A resina fresada apresentou os melhores resultados das propriedades de superfície diante do efeito do envelhecimento, enquanto que a resina impressa 3D apresentou resultados semelhantes as resinas tradicionais. A resina de Impressão 3D apresentou não ter propriedades ópticas adequadas diante do efeito do envelhecimento, enquanto que a resina fresada apresentou as melhores propriedades. As bebidas corantes não alteraram as propriedades de superfície das resinas, entretanto afetaram suas propriedades ópticas, principalmente a resina de impressão 3D e a processada por micro-ondas. A resina de

dentadura fresada CAD/CAM apresentou propriedades mecânicas semelhantes as resinas tradicionais, enquanto que a impressa 3D não apresentou propriedades mecânicas adequadas para uso clínico à longo prazo. As próteses do método de fresagem apresentaram melhor desempenho clínico que as próteses convencionais, em termos de qualidade de vida, satisfação, retenção, estabilidade, tempo clínico e custo, enquanto que as de impressão 3D não apresentaram diferenças. Ambos os métodos do CAD/CAM apresentaram não haver diferenças da eficácia mastigatória em relação as próteses convencionais.

**Palavras-chave:** Prótese dentária. Bases de dentadura. PMMA. CAD CAM.

Bento AA. Evaluation of surface, mechanical and optical properties of denture base acrylic resins made by the CAD-CAM method with aging process and immersion in coloring drinks [dissertation]. Araçatuba: School of Dentistry, Universidade Estadual Paulista; 2022.

## **GENERAL ABSTRACT**

The objective of this study was to investigate the surface properties, color stability and mechanical properties of acrylic resins for denture base of the conventional method, processed by microwave, milled and 3D printed in face of different aging times and immersion in coloring drinks. In addition, carry out a systematic review to evaluate and compare, through clinical trial studies, complete dentures manufactured by the CAD/CAM method with those manufactured conventionally, in terms of clinical time, maintenance, retention, stability, masticatory efficiency, satisfaction and quality of life. A total of 480 round samples ( $10 \times 3.3 \pm 0.03$  mm) were made to evaluate surface properties and color stability, divided among the four main groups of resins and subdivided into four analysis times (T0, T1, T2 and T3) and coloring drinks (water, coffee, wine and cola), resulting in  $n = 10$  for each subgroup. A total of 160 rectangular samples ( $64 \times 10 \times 3.3 \pm 0.03$  mm) were prepared to evaluate the mechanical properties, divided among the four main groups of resins and subdivided into four analysis times (T0, T1, T2 and T3), resulting in  $n = 10$  for each subgroup. The systematic review followed the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) and was registered in the International Prospective Registry of Systematic Reviews (PROSPERO) (CRD42022296907). The electronic search was performed in the PubMed/MEDLINE, Web of Science and Scopus databases until December 2021. The question formulated for population, intervention, comparison and result (PICO) was “Patients rehabilitated with complete dentures with CAD/CAM technology present clinical parameters similar to patients rehabilitated with conventional complete dentures?”. The milled resin presented the best results of surface properties in the face of aging effect, while the 3D printed resin presented similar results to traditional resins. The 3D Printing resin did not have adequate optical properties due to the aging effect, while the milled resin showed the best properties. Coloring drinks do not change the surface properties of resins, but optical printing solutions, mainly 3D printing resin and microwave-processed resin. The CAD/CAM milled denture resin presented mechanical properties similar to traditional resins, while the 3D printed denture resin did not present adequate mechanical properties for long-term clinical use. The milling method prostheses showed better clinical performance than conventional prostheses, in terms of quality of life, satisfaction, retention, stability, clinical time and cost,

while the 3D printing prostheses showed no differences. Both CAD/CAM methods showed no differences in masticatory efficiency in relation to conventional prostheses.

**Keywords:** Dental Prosthesis. Denture Bases. PMMA. CAD CAM.

## LISTA DE TABELAS

### ***CAPÍTULO 1***

Tabela 1 - Reninas acrílicas para base de dentaduras utilizadas no estudo.	21
Tabela 2 - Média $\pm$ desvio padrão da rugosidade em Ra de acordo com o grupo e tempo de envelhecimento.	25
Tabela 3 - Média $\pm$ desvio padrão da rugosidade em Rt de acordo com o grupo e tempo de envelhecimento.	26
Tabela 4 - Média $\pm$ desvio padrão do ângulo de contato de acordo com o grupo e tempo de envelhecimento.	28
Tabela 5 - Média $\pm$ desvio padrão da energia livre de superfície de acordo com o grupo e tempo de envelhecimento.	29
Tabela 6 - Média $\pm$ desvio padrão da diferença cromática de acordo com o grupo e tempo de envelhecimento.	29
Tabela 7 - Média $\pm$ desvio padrão do parâmetro de translucidez de acordo com o grupo e tempo de envelhecimento.	30
Tabela 8 - Média $\pm$ desvio padrão da taxa de contraste de acordo com o grupo e tempo de envelhecimento.	32

### ***CAPÍTULO 2***

Tabela 1. Reninas acrílicas para base de dentaduras utilizadas no estudo.	42
Tabela 2. Média $\pm$ desvio padrão para o teste de microdureza Knoop (KNH, Kg/mm <sup>2</sup> ) de acordo com o grupo e tempo de envelhecimento.	46
Tabela 3. Média $\pm$ desvio padrão para o teste de resistência à flexão (MPa) de acordo com o grupo e tempo de envelhecimento.	46
Tabela 4. Média $\pm$ desvio padrão para o teste de módulo de elasticidade (MPa) de acordo com o grupo e tempo de envelhecimento.	47

### ***CAPÍTULO 3***

Tabela 1 Conjunto de termos utilizado nas bases de dados	67
Tabela 2 Estudos excluídos e os motivos da exclusão	68
Tabela 3 Características dos estudos incluídos	69
Tabela 4 Resultados da avaliação do risco de viés dos estudos baseado na escala Cochrane	71
Tabela 5 Resultados da avaliação do risco de viés dos estudos baseado na escala Newcastle-Ottawa.	72

## LISTA DE FIGURAS

### *CAPÍTULO 1*

- Fig. 1 - Diagrama representando o delineamento do estudo. 21
- Fig. 2 – Média da rugosidade em Ra de acordo com a resina, tempo de envelhecimento e bebidas corantes. 26
- Fig. 3 – Média da rugosidade em Rt de acordo com a resina, tempo de envelhecimento e bebidas corantes. 27
- Fig. 4 – Média da hidrofiliabilidade de acordo com a resina, tempo de envelhecimento e bebidas corantes. 27
- Fig. 5 – Média da energia livre de superfície de acordo com a resina, tempo de envelhecimento e bebidas corantes. 28
- Fig. 6 – Média da diferença cromática de acordo com a resina, tempo de envelhecimento e bebidas corantes. 30
- Fig. 7 – Média da Translucidez de acordo com a resina, tempo de envelhecimento e bebidas corantes. 31
- Fig. 8 – Média do contraste de acordo com a resina, tempo de envelhecimento e bebidas corantes. 32

### *CAPÍTULO 2*

- Figura 1. Diagrama representando o delineamento do estudo. 42
- Figura 2. Molde incluído em mufla para confecção das amostras convencional e processada por micro-ondas. 45
- Figura 3. Amostras confeccionadas de acordo com as medidas estabelecidas: A – resina convencional; B – resina processada por micro-ondas; C – resina fresada; D – resina impressa 3D. 44

### *CAPÍTULO 3*

- Fig. 1 Fluxograma detalhando a estratégia de busca 73

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	15
2 CAPÍTULO 1 – EFEITO DO ENVELHECIMENTO E DE BEBIDAS CORANTES NA ESTABILIDADE DE COR E NAS PROPRIEDADES DE SUPERFÍCIE DE RESINAS ACRÍLICAS PARA BASE DE DENTADURA FRESADAS CAD-CAM E IMPRESSAS 3D	18
2.1 Resumo	18
2.2 Abstract	18
2.3 Introdução	19
2.4 Material e Método	20
2.4.1 Delineamento e fabricação das mostras	20
2.4.2 Testes das propriedades físicas	22
2.4.3 Teste das propriedades ópticas	23
2.4.4 Envelhecimento das amostras	24
2.4.5 Imersão em bebidas corantes	24
2.4.6 Estatístico	25
2.5 RESULTADOS	25
2.5.1 Rugosidade	25
2.5.2 Hidrofilicidade	27
2.5.3 Energia livre de superfície	28
2.5.4 Estabilidade de cor	29
2.6 DISCUSSÃO	32
2.7 CONCLUSÃO	35
2.8 REFERÊNCIAS	36
3 CAPÍTULO 2 – EFEITO DO ENVELHECIMENTO NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE RESINAS ACRÍLICAS PARA BASE DE DENTADURA FRESADAS CAD-CAM E IMPRESSAS 3D	39
3.1 Resumo	39
3.2 Abstract	39
3.3 Introdução	40
3.4 Material e Método	41
3.4.1 Delineamento e fabricação das mostras	41
3.4.2 Envelhecimento das amostras	44

3.4.3 Testes das propriedades mecânicas	44
3.4.4 Estatístico	45
3.5 Resultados	45
3.6 Discussão	47
3.7 Conclusão	49
3.8 Referências	49
4 CAPÍTULO 3 – COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS CLÍNICOS ENTRE PACIENTE REABILITADOS COM PRÓTESES TOTAIS PELO MÉTODO CONVENCIONAL E MÉTODO CAD-CAM: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA	53
4.1 Resumo	53
4.2 Abstract	54
4.3 Introdução	54
4.4 Material e Método	55
4.5 Resultados	57
4.6 Discussão	59
4.7 Conclusão	60
4.8 Referências	61
4.9 Tabelas	67
4.10 Figura	73
ANEXOS	74



## 1 INTRODUÇÃO GERAL\*

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) atualmente a população do Brasil é de quase 209 milhões de habitantes, e projeções indicam que até aproximadamente o ano de 2045 esse número pode ultrapassar os 233 milhões.<sup>1</sup> Ao que tudo indica a parcela da população idosa (maiores de 60 anos) podem chegar a 25,5% da população brasileira até 2060, devido ao aumento na expectativa de vida.<sup>2</sup> Esses dados são importantes sobre o ponto de vista odontológico, visto que uma grande parcela da população idosa apresenta ausência de elementos dentários necessitando da reabilitação através de próteses dentárias.<sup>3</sup>

O edentulismo é uma situação bucal de grande impacto na vida do paciente, visto que prejudica diretamente as funções orais, além de acarretar problemas psicológicos, afetando os relacionamentos sociais e a própria autoestima do indivíduo.<sup>4,5</sup> Nessa circunstância, a confecção de uma prótese total convencional apresenta-se como uma opção reabilitadora de devolver ao paciente as funções orais, a estética perdida e proporcionar uma melhor qualidade de vida.<sup>6</sup>

O material base para a confecção das dentaduras convencionais é a resina acrílica polimetilmetacrilato (PMMA), introduzida no mercado no ano de 1936 por Walter Writght.<sup>7,8</sup> Se tornou popular devido a sua facilidade de manipulação e reparabilidade, bons resultados estéticos, baixo custo, ausência de toxicidade, entre outras vantagens.<sup>9</sup> No entanto, este material apresenta algumas desvantagens, dentre elas destaca-se a susceptibilidade a fraturas, alterações dimensionais, presença de monômeros residuais e rugosidades na superfície que além de dificultar a higienização resulta em uma maior susceptibilidade a halitose, também prejudica o brilho e lisura superficial da prótese.<sup>7,10</sup>

O processo de polimerização das técnicas convencionais é realizado por aquecimento em banho de água quente ou através do micro-ondas.<sup>11</sup> Em 1983, Kimura *et al.*<sup>12</sup>, descobriram que a polimerização por energia de micro-ondas apresenta vantagens como tempo reduzido, resina mais homogênea e mínimas mudanças de cor. Porém, apresentam grande ocorrência de porosidade e deformações durante as fases de polimerização, resfriamento e acabamento.<sup>13</sup>

Clinicamente, a porosidade pode ser altamente antiestética e anti-higiênica, pois pode abrigar microorganismos e resíduos alimentares, o que pode levar a sérias complicações como

---

\* Lista das referências citadas Anexo D

manchamento e instalação da estomatite protética que afeta cerca de 70% dos pacientes.<sup>14</sup> De acordo com a Academy of Denture Prosthetics a porosidade afetará negativamente a resistência do material, pois resulta em alto estresse interno, sendo as trincas e fraturas as falhas mais comuns.<sup>15,16</sup>

A tecnologia de desenho auxiliado por computador/fabricação auxiliada por computador (CAD/CAM) surgiu como uma nova alternativa de técnica para a fabricação de próteses, com objetivo de automatizar o processo de fabricação e com isso simplificar e minimizar o tempo clínico.<sup>17</sup> As imagens são geradas através da captação dos modelos e/ou moldes pelo escâner, a imagem consegue ser manipulada em software até o desenhado final da futura prótese e exportação em formato STL (representação triangular).<sup>18</sup>

Em vista da resina PMMA, um estudo *in vitro* recente aponta que as próteses feitas pela técnica manufaturada subtrativa (fresadas) CAD/CAM mostraram superiores as fabricadas convencionalmente em aspectos como sua dureza e resistência à flexão.<sup>19</sup> Isto é abordado como um ganho clínico, visto que um aumento na resistência à flexão das resinas irá promover uma melhor distribuição das forças da mastigação no rebordo alveolar remanescente.<sup>20</sup>

Os blocos para fresagem de PMMA são fabricados industrialmente sob grande calor e pressão com um processo de polimerização à luz ultravioleta.<sup>21</sup> Portanto, estudos apontam que essas resinas são altamente condensadas e possuam menos microporosidades, consequentemente, significaria ter propriedades mecânicas superiores as convencionais.<sup>21,22</sup> A forma que são fabricadas e polimerizadas também reduzem a liberação residual de monômero, assim melhoram as propriedades ópticas e estabilidade da cor, sendo menos vulneráveis ao manchamento por produtos extrínsecos.<sup>23,24</sup> Entretanto, apresentam limitações no design de formas geométricas complexas, maior desperdício de material e envolve o desgaste de ferramentas rotativas.<sup>25</sup>

Recentemente, a manufatura aditiva (impressão 3D) surgiu no mercado odontológico.<sup>26</sup> A confecção de próteses através da manufatura aditiva consiste dos passos anteriores utilizados nos sistemas CAD/CAM (escaneamento do molde/modelo, manipulação da imagem em software e exportação em formato STL.), entretanto, a prótese é confeccionada através da deposição de camadas de uma resina líquida que também é fotopolimerizada à luz ultravioleta, com a necessidade ou não de uma fotopolimerização final (pós-cura), dependendo do fabricante e/ou sistema utilizado.<sup>21</sup>

Kalberer et al.<sup>27</sup> pontua que as resinas de manufatura aditiva (impressão 3D) foram utilizadas primeiro para confecção de próteses totais provisórias, devido à resistência mecânica limitada, baixa resistência térmica, ação antimicrobiana reduzida e falta de estabilidade de cor. Entretanto, como o processo de fresagem apresenta custo alto e desperdício de material, comparado a técnica de manufatura aditiva, as resinas 3D sofreram um aprimoramento nas suas propriedades mecânicas, a fim de confeccionar próteses totais definitivas.<sup>28</sup>

O processo de fabricação aditiva inclui maior precisão, menor desperdício de material e baixos custos de infraestrutura, quando analisado à técnica subtrativa.<sup>25</sup> Entretanto, os relatos na literatura ainda são escassos, recentemente, poucos relatos foram publicados na literatura a respeito da possível utilização de próteses totais definitivas impressas e que abordem as características como: resistência à flexão, alteração de cor/opacidade/translucidez, rugosidade e microdureza.<sup>27</sup>

Embora os dados científicos atuais indiquem a superioridade clínica das próteses totais fabricadas pelo processo de fresagem<sup>19</sup>, não há na literatura pesquisas que comparem as propriedades mecânicas e ópticas das resinas convencionais, manufaturada aditiva e manufaturada subtrativa, em diferentes tempos de envelhecimento por processo de termociclagem e manchamento por imersão.

## **2 CAPÍTULO 1 – EFEITO DO ENVELHECIMENTO E DE BEBIDAS CORANTES NA ESTABILIDADE DE COR E NAS PROPRIEDADES DE SUPERFÍCIE DE RESINAS ACRÍLICAS PARA BASE DE DENTADURA FRESADAS CAD-CAM E IMPRESSAS 3D<sup>†</sup>**

### **2.1 Resumo**

O objetivo desse estudo foi investigar as propriedades de superfície e estabilidade de cor de resinas acrílicas para base de dentadura do método convencional, processada por micro-ondas, fresada e impressa 3D diante de diferentes tempos de envelhecimento e imersão em bebidas corantes. A hipótese avaliada neste estudo foi que diferenças significativas seriam encontradas entre as resinas polimerizadas por calor e resinas fabricadas pelo sistema CAD/CAM. Um total de 480 amostras redondas ( $10 \times 3,3 \pm 0,03$  mm) foram confeccionadas para avaliação das propriedades de superfície e estabilidade de cor, divididas entre os quatro grupos principais de resinas e subdivididas em quatro tempos de análise (T0, T1, T2 e T3) e bebidas corantes (água, café, vinho e refrigerante cola), resultando um  $n = 10$  para cada subgrupo. Após armazenamento em água destilada a  $37^{\circ}\text{C}$  por 24h as amostras passaram por testes de propriedades de superfície e estabilidade óptica considerando testes iniciais (T0). As amostras passaram por envelhecimento em uma termocicladora à temperatura de  $5^{\circ}\text{C}$  e  $55^{\circ}\text{C}$  nos ciclos de 5.000 (T1), 10.000 (T2) e 20.000 (T3), em seguida ficaram imersas em bebidas corantes por 144h, 288h e 576h, respectivamente. Os dados dos testes foram avaliados com a análise de variância ANOVA two-way e three-way ( $p < 0,05$ ). A resina fresada apresentou os melhores resultados das propriedades de superfície e ópticas, enquanto que a resina impressa 3D apresentou propriedades de superfície semelhantes as resinas tradicionais e as piores propriedades ópticas.

**Palavras-chave:** Prótese Dentária, Bases de Dentadura, PMMA, Propriedades de Superfície.

### **2.2 Abstract**

The objective of this study was to investigate the surface properties and color stability of acrylic resins for denture base of the conventional method, processed by microwave, milled and 3D printed in face of different aging times and immersion in coloring drinks. The

---

<sup>†</sup> Este capítulo está apresentado em formato de artigo e de acordo com as normas do periódico “Dental Materials” – Qualis A1 – Fator de Impacto: 5.304 – Anexo A

hypothesis evaluated in this study was that significant differences would be found between heat-cured resins and resins manufactured by the CAD/CAM system. A total of 480 round samples ( $10 \times 3.3 \pm 0.03$  mm) were made to evaluate surface properties and color stability, divided among the four main groups of resins and subdivided into four analysis times (T0, T1, T2 and T3) and coloring drinks (water, coffee, wine and cola), resulting in  $n = 10$  for each subgroup. After storage in distilled water at  $37^\circ\text{C}$  for 24h, the samples underwent surface properties and optical stability tests considering initial tests (T0). The samples underwent aging in a thermocycler at  $5^\circ\text{C}$  and  $55^\circ\text{C}$  in cycles of 5,000 (T1), 10,000 (T2) and 20,000 (T3), then they were immersed in coloring drinks for 144h, 288h and 576h, respectively. Test data were evaluated with two-way and three-way ANOVA analysis of variance ( $p < 0.05$ ). The milled resin presented the best results of surface and optical properties, while the 3D printed resin presented surface properties similar to traditional resins and the worst optical properties.

**Keywords:** Dental Prosthesis, Denture Bases, PMMA, Surface Properties.

### 2.3 Introdução

As próteses totais, fabricadas pelo polímero acrílico polimetilmetacrilato (PMMA), têm sido usadas por muitos anos para o tratamento do edentulismo [1], sendo fabricadas, tradicionalmente, pela polimerização induzida por calor, através do método convencional (banho-maria) ou processada por micro-ondas [2,3] Devido a introdução da tecnologia de desenho auxiliado por computador/fabricação auxiliada por computador (CAD/CAM) na odontologia, surgiram novas técnicas de fabricação das próteses totais, podendo ser fresadas, através de blocos de resina acrílica condensadas, e por impressão 3D que utiliza resina líquida [4]. Ambos métodos digitais estão sendo introduzidos com vantagens de tempo de fabricação mais rápida e menos etapa do processo de trabalho, assim reduzindo a possibilidade de erros [4,5].

As resinas acrílicas apresentam propriedades hidrofóbicas com superfícies porosas e baixa resistência à abrasão, sendo sujeitas a sofrerem alterações superficiais e, concomitante, colonização bacteriana, o que influenciam diretamente na longevidade da reabilitação [6]. O biofilme aderido na dentadura está associado a endocardite infecciosa e pneumonia aspirativa, sendo uma grave ameaça a pacientes imunocomprometidos [7,8]. As alterações superficiais

são causadas por fatores intrínsecos e extrínsecos incluindo a presença de monômero residual, absorção e adsorção de líquidos e pigmentos, mastigação e métodos de higiene [2,9].

Entre as muitas propriedades físicas da superfície que influenciam na adesão de biofilme nas próteses dentárias, a rugosidade de superfície, hidrofiliidade e energia livre de superfície parecem ser as mais relevantes [10,11]. Superfície rugosas, hidrofóbicas e com alto valor de energia de superfície tendem a promover forte fixação microbiana [11]. Além disso, a rugosidade da superfície e a hidrofobia influenciam na composição do biofilme, podendo induzir a halitose e a estomatite protética [12]. A energia livre de superfície é um indicador da capacidade da saliva e de outros líquidos de se espalharem facilmente, refletindo a capacidade de permitir ou prevenir a aderência de fluidos e microorganismos [13].

O sucesso da dentadura está relacionado não apenas as suas propriedades físicas, mas também às suas características estéticas, pois alteração de cor afetam a satisfação do paciente [14]. A absorção e adsorção de líquidos, além das alterações superficiais, também causam alteração de cor na resina, devido aos corantes e pH ácido presentes nos alimentos consumidos frequentemente, incluindo café, vinho e refrigerante cola, e pela degradação de pigmentos intrínsecos da resina causado pelo envelhecimento, assim levando a danos superficiais e estéticos [9,15,16].

Diante disso, o objetivo desse estudo foi investigar as propriedades de superfície e estabilidade de cor de resinas acrílicas para base de dentadura do método convencional, processada por micro-ondas, fresada e impressa 3D diante de diferentes tempos de envelhecimento e imersão em bebidas corantes. As duas hipóteses avaliadas neste estudo foi que diferenças significativas seriam encontradas entre as resinas polimerizadas por calor e resinas fabricadas pelo sistema CAD/CAM; e que não seriam encontradas diferenças significativas entre os diferentes tempos de envelhecimento e entre as bebidas corantes.

## **2.4 Material e Método**

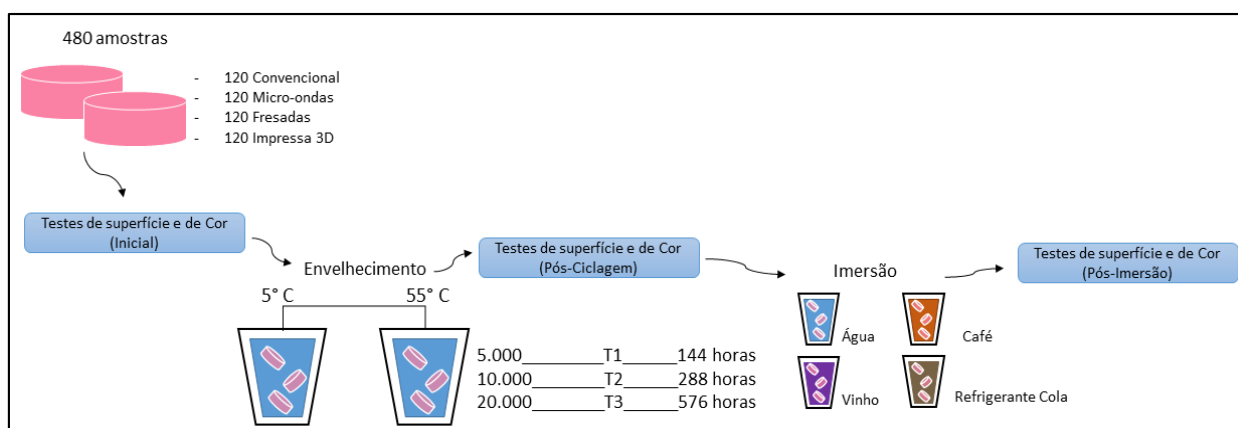
### **2.4.1 Delineamento e fabricação das mostras**

Quatro resinas acrílicas para base de prótese dentária foram selecionadas para este estudo, devido ao método de fabricação: convencional (banho-maria); processada por micro-ondas; fresada; e impressa 3D (Tabela 1). Um total de 480 amostras redondas com diâmetro de 10 mm e  $3,0 \pm 0,03$  mm de espessura foram confeccionadas [17], divididas entre os quatro

grupos principais de resinas e subdivididas em quatro tempos de envelhecimento (T0, T1, T2 e T3) e quatro bebidas corantes (água, café, vinho e refrigerante cola), resultando um n = 10 para cada subgrupo, conforme ilustrado na figura 1.

**Tabela 1 - Resinas acrílicas para base de dentaduras utilizadas no estudo.**

Material	Marca	Proporção	Método de Confeção
<b>Convencional, resina Clássico</b>	Artigos Odontológicos – Clássico ©	14g pó para 6,5ml monômero	60' banho-maria
<b>Microondas, resina Onda Ceryl</b>	Artigos Odontológicos – Clássico ©	14g pó para 6,5ml monômero	10' microondas
<b>Fresado, resina Blue Dent</b>	Blue Dent ®	Disco prensado	Fresadora
<b>Impresso, Resina Smart Dent</b>	Smart Dent ®	Resina líquida	Impressora 3D



**Fig. 1 - Diagrama representando o delineamento do estudo.**

Para a confecção das amostras convencional e processada por micro-ondas, moldes de metal vazados nas dimensões das amostras foram incluídos em muflas de plástico (Vipi – STG Ltda) posicionadas entre placas de vidro sobre gesso especial tipo IV (Durone, Dentsply Ltda). A resina do método convencional rosa médio (Clássico) e a resina processada por micro-ondas rosa médio (Onda Ceryl) foram manuseadas conforme a indicação do fabricante (Tabela 1) e inseridos nos moldes, sendo mantidos sob carga 14,71 kN durante 2 minutos em uma prensa hidráulica (Maxx 1; Essence Dental) e mantidas em bancada por 30 minutos. As amostras do método convencional foram polimerizadas em banho-maria por 60 minutos em água fervente (100°C), enquanto que as processadas por micro-ondas foram polimerizadas por

3 minutos com potência de 30%, seguido de 4 minutos com potência de 0% e 3 minutos com potência de 60% em micro-ondas (Brastemp Ltda). Após a polimerização, irregularidades de bordas e excessos de resinas foram removidas com uma maxicut (Vicking,) [18,19].

As amostras confeccionadas pelo método fresado e impresso 3D, primeiramente, foram projetadas em um software CAD (Exocad; Exocad GmbH) de acordo com as dimensões das amostras. Os arquivos de linguagem de mosaico padrão CAD foram enviados para o software CAM da fresadora e da impressora 3D. Blocos de PMMA rosa médio (BlueDent Ltd.) foram fresados em uma fresadora de 5 eixos (SilaMill 5R; SILADENT) para obtenção das amostras fresadas, enquanto que uma resina líquida de PMMA rosa médio (SmartDent Ltd.) foi utilizada em uma impressora estereolitográfica com tecnologia de processamento digital de luz (MoonRay Model S; VertySystem) para obtenção das amostras impressas 3D [20].

Todas as amostras foram submetidas a um acabamento e polimento padronizado, usando discos de lixas na seguinte sequência de granulação: #200; #600; #1000 (Carbamet; Buehler); e #800; #1200 (Microcut; Buehler), acoplados em máquina de polimento automático (AutoMet 250; Buehler) sob irrigação de água constante em 300 rpm durante 30 segundos em cada face. Após o acabamento com lixas, as amostras foram polidas com solução policristalina diamantada (MetaDi, Supreme; Buehler) passado em todas as faces planas e aplicado por 5 segundos em um disco de feltro acoplado na máquina de polimento automático em 300 rpm. Em seguida, os espécimes foram limpos por ultrassom (UltraSonic Cleane; UNIQUE) por 5 minutos para remoção de resíduos. As medidas  $10 \times 3,3$  mm foram confirmadas com paquímetro digital com resolução de 0,01 mm (Digimatic; Mitutoyo South American Ltd.) em 5 pontos para  $\pm 0,03$  mm [18,19,21].

#### **2.4.2 Testes das propriedades físicas**

A rugosidade de superfície foi analisada por meio de perfilometria de contato, utilizando um perfilômetro de rugosidade de superfície SJ-401 (Mitutoyo, Kanagawa, Japão), apresentando um diamante de 2 mm de diâmetro. As configurações foram definidas em  $\lambda = 0,08$  mm do comprimento de onda de corte e 0,25 mm de comprimento transversal a uma velocidade de 0,05 mm/s para as características de rugosidade de superfície  $R_a$  e  $R_t$ .  $R_a$  é a rugosidade média que é determinada pela média aritmética dos valores absolutos das ordenadas do perfil de rugosidade.  $R_t$  é a profundidade da rugosidade que representa a altura



máxima de pico no perfil medido. Foi realizado três medições em cada amostra, sendo a média definida como o valor de rugosidade [11,19].

A hidrofiliicidade e a energia de superfície foram analisadas por meio de um goniômetro digital de dispensador automático Drop Shape Analysis System DSA100E (Krüss GmbH, Hamburgo, Alemanha). A hidrofiliicidade de cada amostra foi avaliada através da média de cinco medições do ângulo de contato ( $\theta$ ) entre a linha contínua da amostra e a tangente de uma gota d'água destilada de 20  $\mu$ l aplicada automaticamente pelo goniômetro e calculada pelo software Drop Shape Analysis 1.51 (Krüss GmbH). Um pequeno ângulo de contato com a água indicou um alto grau de hidrofiliicidade da superfície. Para determinar a energia livre de superfície ( $\text{mJ/m}^2$ ), medições adicionais do ângulo de contato foram realizadas com gotículas de diiodometano, sendo então determinada pela medição do ângulo de contato da água e do diiodometano, através do método Owens-Wendt definido no software Drop Shape Analysis 1.51 [11,13].

### 2.4.3 Teste das propriedades ópticas

As propriedades ópticas das amostras foram avaliadas usando um espectrofotômetro (UV-2450; Shimadzu, Kyoto, Japão). As medições foram realizadas utilizando a escala de cor CIE  $L^*a^*b^*$  (Commission Internationale de l'Eclairage) [22], usando um iluminante D65 em um ângulo de 2° de observação com uma faixa de comprimento de onda de 380 a 780 nm e uma abertura de 10 mm de diâmetro. A diferença cromática foi calculada utilizando o sistema CIEDE 2000 ( $\Delta E_{00}$ ) por meio da fórmula:  $\Delta E_{00} = \{[\Delta L^*/(K_L S_L)]^2 + [\Delta C^*/(K_C S_C)]^2 + [\Delta H^*/(K_H S_H)]^2 + R_T[\Delta C^*/(K_C S_C)] \times [\Delta H^*/(K_C S_C)]\}^{1/2}$ . O  $\Delta L$ ,  $\Delta C$  e  $\Delta H$  são as diferenças de luminosidade (L), croma (C) e matiz (H), respectivamente, enquanto que K são os fatores paramétricos de visualização e S são as funções de passagem. Quanto maior o valor do  $\Delta E_{00}$ , maior a alteração de cor do material. Os valores registrados pelas coordenadas do CIELab das amostras posicionadas em fundo preto e branco foram utilizados para o cálculo do parâmetro de translucidez (TP) e taxa de contraste (CR). A translucidez foi obtida por meio da fórmula:  $TP = [(L^*_B - L^*_W)^2 + (a^*_B - a^*_W)^2 + (b^*_B - b^*_W)^2]^{1/2}$ , onde B se refere às coordenadas de cor no fundo preto e W se refere às do fundo branco. Quanto maior o valor de TP, maior é a translucidez. O contraste foi obtido por meio da fórmula:  $CR = Y_B / Y_W$ , onde Y se refere aos valores de reflexão espectral da amostra no fundo preto e branco. Quanto maior o CR, maior será a intensidade da cor [19,21].

#### **2.4.4 Envelhecimento das amostras**

Antes dos testes físicos e ópticos, todas as amostras dos quatro grupos de resinas foram randomizadas de acordo com o tempo de envelhecimento e as bebidas corantes. As amostras foram armazenadas em água destilada em uma estufa (Equipamentos Científicos; Cienlab) a  $37^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  durante 24h, antes dos primeiros testes físicos e ópticos, sendo este tempo considerado T0 [23]. Após as análises iniciais todas as amostras foram submetidas a termociclagem (Modelo MSCT-3, Convel) em água destilada com banhos alternados de 30 segundos à temperatura de  $5 \pm 1^{\circ}\text{C}$  e  $55 \pm 1^{\circ}\text{C}$  (70s por ciclo; tempo de permanência: 30s; tempo de transferência: 5s) em diferentes números de ciclos: 5.000 (T1); 10.000 (T2); e 20.000 (T3) [23,24] (Figura 1). A termociclagem, nas condições apresentada, representa a cada 5.000 ciclos um envelhecimento de 6 meses clínico da resina acrílica [25,26].

#### **2.4.5 Imersão em bebidas corantes**

Após o envelhecimento das amostras, todas passaram por testes físicos e ópticos para análise pós envelhecimento. Em seguida, as amostras foram colocadas imersas em bebidas corantes conforme tinham sido randomizadas: Água; Café; Vinho; e refrigerante cola. As bebidas foram selecionadas com base no potencial de manchamento e na frequência de ingestão pela população [15,19]. A água destilada foi usada como controle não-corante. A solução de café foi preparada na proporção de 2g de café solúvel (Nestlé Brasil Ltda) para cada 100 mL de água destilada fervente. As amostras foram imersas nessa solução somente após o resfriamento da bebida à temperatura ambiente. Para a bebida vinho foi utilizado vinho tinto seco (Cabernet Sauvignon; Classic, Rio Grande do Sul, Brasil). Para a bebida de refrigerante cola foi utilizado Coca-Cola (Coca-Cola Brasil, Sao Paulo, Brazil) [17,19].

As amostras foram imersas individualmente em frascos contendo 20 mL de qualquer uma das bebidas e mantidas estufa a  $37^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ . O tempo foi baseado que a imersão de 24 horas simularia a capacidade de coloração após 30 dias de consumo, assim as amostras envelhecidas em T1, T2 e T3, ficaram imersas por 144h (6 dias), 288h (12 dias) e 576h (24 dias), respectivamente. As bebidas foram trocadas a cada 48h [17,19].

## 2.4.6 Estatístico

Os conjuntos de dados foram analisados com software estatístico (SigmaPlot 14.5). As medidas contínuas com valores de média e desvio padrão para todos os grupos e testes foram computados. O efeito do tempo de envelhecimento nos diferentes grupos de resinas foi avaliado com a análise de variância ANOVA two-way, enquanto que o efeito do envelhecimento e imersão nos diferentes grupos de resinas foram avaliadas com a análise de variância ANOVA three-way. Todos os testes foram realizados com nível de significância de  $p < 0,05$ .

## 2.5 RESULTADOS

### 2.5.1 Rugosidade

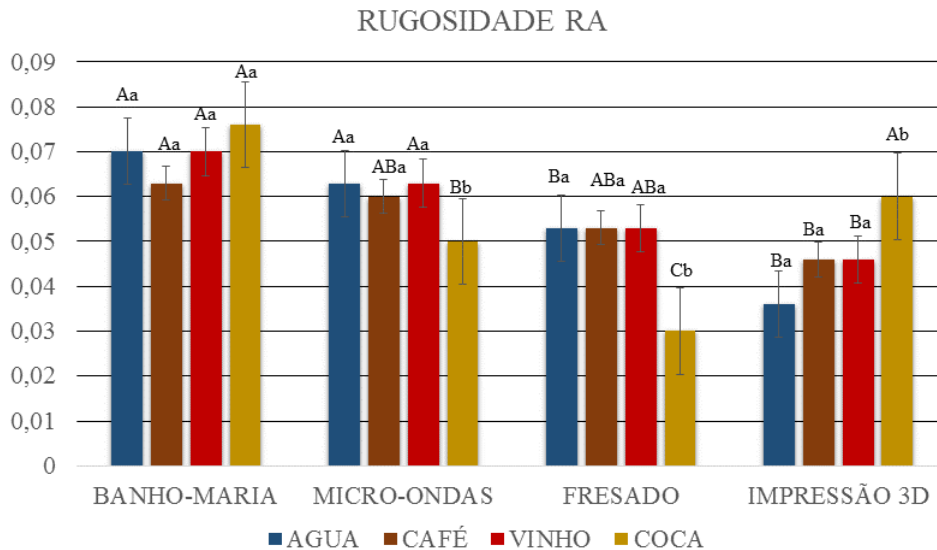
ANOVA two-way demonstrou que as resinas do método fresado e impressão 3D apresentaram, significativamente, o menor valor de Ra comparado as resinas tradicionais ( $p < 0,05$ ), no entanto, com o efeito do envelhecimento a resina fresada foi a única que manteve valores significativamente menores ( $p < 0,001$ ) e não houve diferenças significativas ao longo do tempo ( $p < 0,05$ ) (Tabela 2). Pelo ANOVA three-way pode-se observar diferença estatística significativa apenas para o efeito resina x solução, independente do tempo de envelhecimento ( $p < 0,001$ ). As resinas do método fresado e impressão 3D também apresentaram os menores valores de Ra quando imersas nas bebidas corantes, no entanto, a resina fresada não apresentou diferença significativa da resina convencional nas bebidas de café e vinho ( $p > 0,05$ ), enquanto que a resina impressa 3D não apresentou diferença estatística no refrigerante cola ( $p = 0,99$ ) (Figura 2).

**Tabela 2 - Média  $\pm$  desvio padrão da rugosidade em Ra de acordo com o grupo e tempo de envelhecimento.**

Grupos	Rugosidade Ra ( $\mu\text{m}$ )			
	T0	T1	T2	T3
Convencional, resina Clássico	0,06 $\pm$ 0,01 Aa	0,07 $\pm$ 0,01 Aab	0,07 $\pm$ 0,01 Aab	0,08 $\pm$ 0,02 Ab
Microondas, resina Onda Cryl	0,05 $\pm$ 0,01 Aa	0,07 $\pm$ 0,02 Aab	0,09 $\pm$ 0,02 Ab	0,09 $\pm$ 0,02 Ab
Fresado, resina Blue Dent	0,02 $\pm$ 0,00 Ba	0,02 $\pm$ 0,00 Ba	0,04 $\pm$ 0,02 Ba	0,04 $\pm$ 0,01 Ba
Impresso 3D, resina Smart Dent	0,05 $\pm$ 0,01 ABa	0,07 $\pm$ 0,02 Ab	0,08 $\pm$ 0,02 Ab	0,10 $\pm$ 0,02 Ab

T0, 24h; T1, 6 meses; T2, 12 meses; T3, 24 meses.

Letras maiúsculas diferentes em colunas e letras minúsculas diferentes em linhas apresentam diferença significativa ( $p < 0,05$ ).



**Fig. 2 - Média da rugosidade em Ra de acordo com a resina e bebidas corantes. Letras maiúsculas comparam diferentes resinas na mesma solução, enquanto que letras minúsculas comparam a mesma resina nas diferentes soluções, sendo que letras diferentes indicam diferença significativa ( $p < 0,05$ ).**

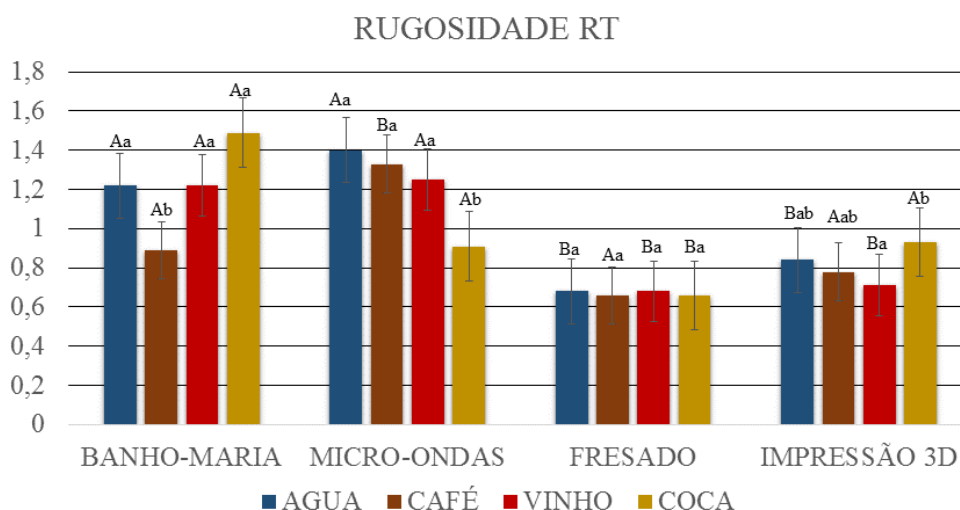
ANOVA two-way indicou que as resinas não apresentaram diferenças significativas entre si, quanto a rugosidade  $R_t$ , independentemente do tempo de envelhecimento ( $p > 0,05$ ), sendo que a resina impressa 3D foi a única que não apresentou diferenças significativas ao longo do tempo ( $p > 0,05$ ). Pelo ANOVA three-way pode-se observar diferença estatística significativa apenas para o efeito resina x solução, independente do tempo de envelhecimento ( $p < 0,001$ ). As resinas fabricadas pelo CAD/CAM apresentaram os menores valores de  $R_t$ , no entanto, a resina impressa 3D imersa no refrigerante cola apresentou não haver diferenças significativas das resinas tradicionais ( $p > 0,05$ ) (Figura 3).

**Tabela 3 - Média  $\pm$  desvio padrão da rugosidade em  $R_t$  de acordo com o grupo e tempo de envelhecimento.**

Grupos	Rugosidade $R_t$ ( $\mu\text{m}$ )			
	T0	T1	T2	T3
Convencional, resina Clássico	0,58 $\pm$ 0,15 Aa	0,73 $\pm$ 0,30 Aa	1,19 $\pm$ 0,43 Ab	1,27 $\pm$ 0,39 Ab
Microondas, resina Onda Cryl	0,48 $\pm$ 0,14 Aa	0,80 $\pm$ 0,37 Aab	0,92 $\pm$ 0,34 Ab	0,98 $\pm$ 0,45 Ab
Fresado, resina Blue Dent	0,45 $\pm$ 0,20 Aa	0,60 $\pm$ 0,23 Aab	0,81 $\pm$ 0,31 Aab	0,90 $\pm$ 0,26 Ab
Impresso 3D, resina Smart Dent	0,68 $\pm$ 0,30 Aa	0,76 $\pm$ 0,30 Aa	0,81 $\pm$ 0,39 Aa	0,92 $\pm$ 0,32 Aa

T0, 24h; T1, 6 meses; T2, 12 meses; T3, 24 meses.

Letras maiúsculas diferentes em colunas e letras minúsculas diferentes em linhas apresentam diferença significativa ( $p < 0,05$ ).



**Fig. 3 - Média da rugosidade em Rt de acordo com a resina e bebidas corantes. Letras maiúsculas comparam diferentes resinas na mesma solução, enquanto que letras minúsculas comparam a mesma resina nas diferentes soluções, sendo que letras diferentes indicam diferença significativa ( $p < 0,05$ ).**

### 2.5.2 Hidrofilicidade

ANOVA two-way indicou que a resina processada por micro-ondas apresentou ser a resina mais hidrofílica no tempo inicial, apresentando, significativamente, o menor valor de ângulo de contato ( $p < 0,05$ ). Em 24 meses de envelhecimento as resinas tradicionais apresentaram os menores valores de ângulo de contato, não havendo diferenças significativas entre si ( $p = 0,11$ ), assim como a resina fresada não apresentou diferenças significativas da resina de micro-ondas ( $p = 0,95$ ), enquanto que a resina impressa 3D apresentou ser a mais hidrofóbica, apresentando, significativamente, o valor mais alto ( $p < 0,001$ ) (Tabela 4). Pelo ANOVA three-way pode-se observar diferença estatística significativa apenas para o efeito resina x solução, independente do tempo de envelhecimento ( $p < 0,001$ ). As resinas fabricas pelo CAD/CAM, quando imersas nas bebidas corantes, apresentaram hidrofilicidade semelhante das resinas tradicionais, com exceção para a resina impressa 3D no café, sendo significativamente mais hidrofílica ( $p < 0,05$ ) (Figura 4).

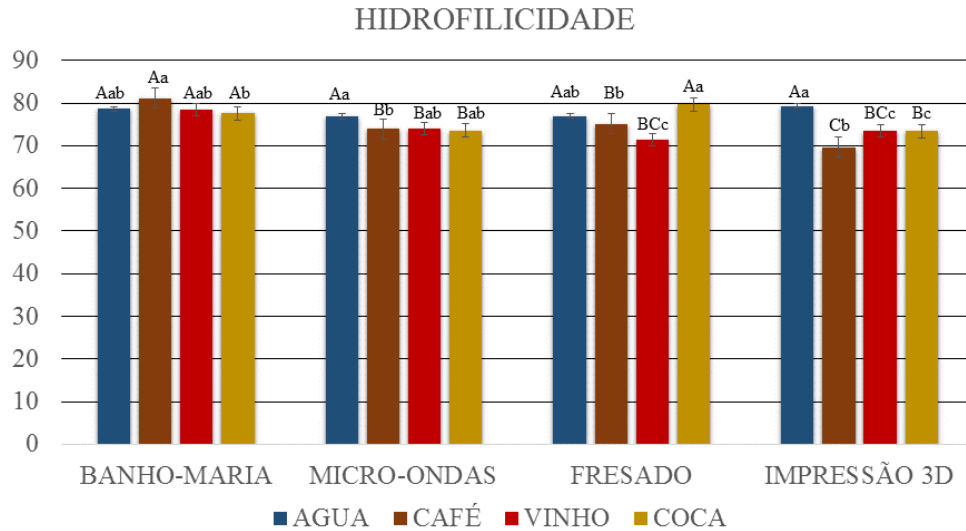
**Tabela 4 - Média  $\pm$  desvio padrão do ângulo de contato de acordo com o grupo e tempo de envelhecimento.**

Grupos	Hidrofilicidade ( $\theta$ )			
	T0	T1	T2	T3
Convencional, resina Clássico	75,93 $\pm$ 3,03 Aa	74,59 $\pm$ 6,09 Aa	72,20 $\pm$ 4,88 Aa	63,74 $\pm$ 9,67 Ab

<b>Microondas, resina Onda Cryl</b>	66,52±3,15 <b>Ba</b>	67,82±2,25 <b>Aa</b>	68,62±3,93 <b>Aa</b>	68,89±5,02 <b>ABa</b>
<b>Fresado, resina Blue Dent</b>	78,89±3,31 <b>Aa</b>	74,21±3,74 <b>Aab</b>	72,78±9,08 <b>Aab</b>	71,36±9,59 <b>Bb</b>
<b>Impresso 3D, resina Smart Dent</b>	79,83±8,42 <b>Aa</b>	82,68±6,56 <b>Ba</b>	83,58±1,88 <b>Ba</b>	84,71±2,42 <b>Ca</b>

T0, 24h; T1, 6 meses; T2, 12 meses; T3, 24 meses.

Letras maiúsculas diferentes em colunas e letras minúsculas diferentes em linhas apresentam diferença significativa ( $p < 0,05$ ).



**Fig. 4 - Média da hidrofiliidade de acordo com a resina e bebidas corantes. Letras maiúsculas comparam diferentes resinas na mesma solução, enquanto que letras minúsculas comparam a mesma resina nas diferentes soluções, sendo que letras diferentes indicam diferença significativa ( $p < 0,05$ ).**

### 2.5.3 Energia livre de superfície

ANOVA two-way indicou que a resina de impressão 3D apresentou, significativamente, os valores mais baixos de energia livre de superfície, independentemente do tempo de envelhecimento ( $p < 0,001$ ). Em 24 meses de envelhecimento todas as resinas apresentaram um aumento significativo em relação ao tempo inicial ( $p < 0,05$ ) (Tabela 5). Pelo ANOVA three-way pode-se observar diferença estatística significativa para o efeito resina x tempo e resina x solução ( $p < 0,001$ ), sendo que a diferença significativa entre as resinas ao longo do tempo foi da resina impressa 3D com as demais ( $p < 0,001$ ). A resina impressa 3D apresentou os maiores valores quando imersas em vinho e refrigerante cola, sendo estatisticamente significativo comparado as outras resinas ( $p < 0,05$ ) (Figura 5).

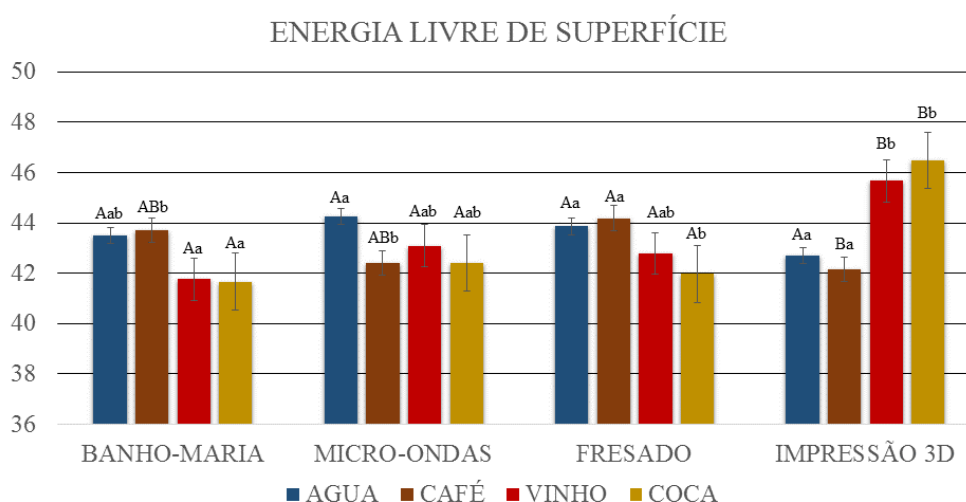
**Tabela 5 - Média ± desvio padrão da energia livre de superfície de acordo com o grupo e tempo de envelhecimento.**

**Energia Livre de Superfície (mJ/m<sup>2</sup>)**

Grupos	T0	T1	T2	T3
Convencional, resina Clássico	40,46±2,66 Aa	43,63±4,06 ABab	44,6±2,51 ABb	51,78±3,59 Ac
Microondas, resina Onda Cryl	44,42±3,12 Ba	46,48±1,72 Aab	46,66±2,30 Aab	48,51±5,99 ABb
Fresado, resina Blue Dent	40,86±2,33 ABa	41,67±2,22 Bab	42,31±2,22 Bab	45,15±3,48 Bb
Impresso 3D, resina Smart Dent	30,37±4,20 Ca	32,34±1,88 Cab	36,03±2,62 Cbc	38,57±2,30 Cc

T0, 24h; T1, 6 meses; T2, 12 meses; T3, 24 meses.

Letras maiúsculas diferentes em colunas e letras minúsculas diferentes em linhas apresentam diferença significativa ( $p < 0,05$ ).



**Fig. 5 - Média da energia livre de superfície de acordo com a resina e bebidas corantes. Letras maiúsculas comparam diferentes resinas na mesma solução, enquanto que letras minúsculas comparam a mesma resina nas diferentes soluções, sendo que letras diferentes indicam diferença significativa ( $p < 0,05$ ).**

#### 2.5.4 Estabilidade de cor

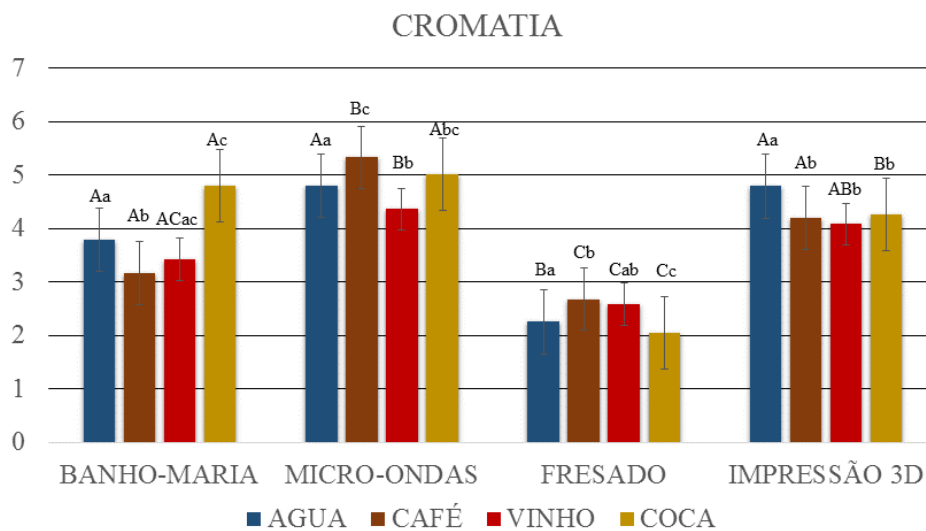
ANOVA two-way indicou que a resina de impressão 3D apresentou, significativamente, os valores mais altos de diferença cromática ( $p < 0,001$ ). A resina fresada apresentou, significativamente, o menor valor em 24 meses de envelhecimento ( $p < 0,05$ ) (Tabela 6). Pelo ANOVA three-way pode-se observar diferença estatística significativa para o efeito resina x tempo; resina x solução; e tempo x solução ( $p < 0,001$ ). Diante do efeito das bebidas corantes a resina processada por micro-ondas e de impressão 3D foram as que apresentaram maior alteração cromática, principalmente com café e refrigerante cola, em contra partida a resina fresada foi a que apresentou menor alteração de cor comparada as outras resinas ( $p < 0,05$ ) (Figura 6).

**Tabela 6 - Média  $\pm$  desvio padrão da diferença cromática de acordo com o grupo e tempo de envelhecimento.**

Grupos	Diferença Cromática ( $\Delta E_{00}$ )		
	T1	T2	T3
Convencional, resina Clássico	1,11±0,63 Aa	1,28±0,51 Aab	1,57±0,85 Ab
Microondas, resina Onda Cryl	1,77±1,07 Ba	1,81±0,94 Ba	2,00±0,86 Aa
Fresado, resina Blue Dent	0,88±0,38 Aa	1,00±0,48 Aa	1,04±0,37 Ba
Impresso 3D, resina Smart Dent	4,80±0,74 Ca	4,85±0,80 Ca	5,00±1,02 Ca

T1, 6 meses; T2, 12 meses; T3, 24 meses.

Letras maiúsculas diferentes em colunas e letras minúsculas diferentes em linhas apresentam diferença significativa ( $p < 0,05$ ).



**Fig. 6 - Média da diferença cromática de acordo com a resina e bebidas corantes. Letras maiúsculas comparam diferentes resinas na mesma solução, enquanto que letras minúsculas comparam a mesma resina nas diferentes soluções, sendo que letras diferentes indicam diferença significativa ( $p < 0,05$ ).**

ANOVA two-way indicou que a resina impressa 3D apresentou, significativamente os menores valores de translucidez ( $p < 0,001$ ), independentemente do tempo de envelhecimento, enquanto que a resina fresada apresentou, significativamente, os valores mais altos ( $p < 0,001$ ) (Tabela 7). Pelo ANOVA three-way pode-se observar diferença estatística significativa para o efeito resina x tempo e resina x solução ( $p < 0,001$ ), sendo que independente das soluções a resina fresada apresentou significativamente os valores mais altos ( $p < 0,05$ ), enquanto que a resina impressa 3D apresentou significativamente os valores mais baixos ( $p < 0,05$ ) (Figura 7).

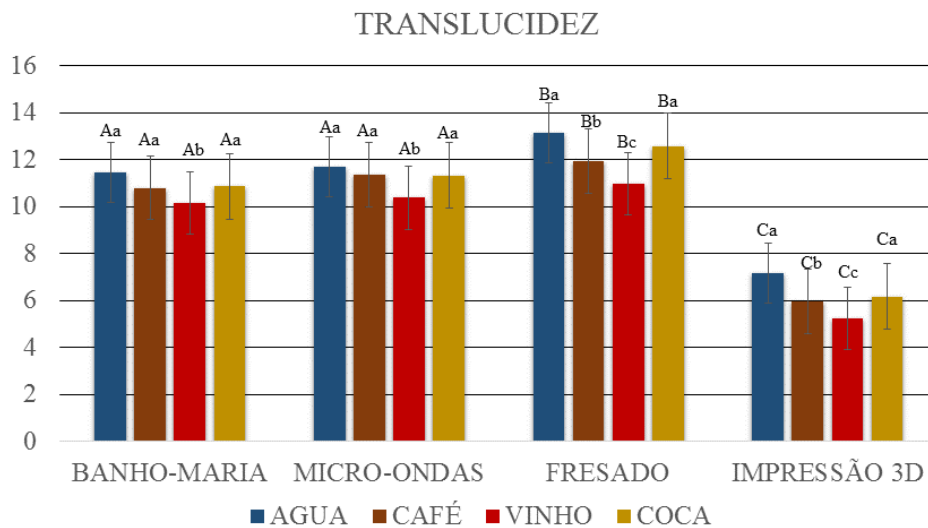
**Tabela 7 - Média  $\pm$  desvio padrão do parâmetro de translucidez de acordo com o grupo e tempo de envelhecimento.**



Grupos	Translucidez (TP)			
	T0	T1	T2	T3
Convencional, resina Clássico	9,95±1,05 Aa	10,01±0,51 Aa	10,03±0,70 Aa	10,26±0,80 Aa
Microondas, resina Onda Cryl	10,01±0,27 Aa	10,98±0,62 Bb	11,57±0,78 Bbc	11,94±0,48 Bc
Fresado, resina Blue Dent	11,45±0,36 Ba	12,79±0,27 Cb	12,88±0,34 Cb	12,90±0,39 Cb
Impresso 3D, resina Smart Dent	5,90±0,23 Ca	6,12±0,56 Dab	6,57±0,32 Db	6,57±0,30 Db

T0, 24h; T1, 6 meses; T2, 12 meses; T3, 24 meses.

Letras maiúsculas diferentes em colunas e letras minúsculas diferentes em linhas apresentam diferença significativa ( $p < 0,05$ ).



**Fig. 7 - Média da Translucidez de acordo com a resina e bebidas corantes. Letras maiúsculas comparam diferentes resinas na mesma solução, enquanto que letras minúsculas comparam a mesma resina nas diferentes soluções, sendo que letras diferentes indicam diferença significativa ( $p < 0,05$ ).**

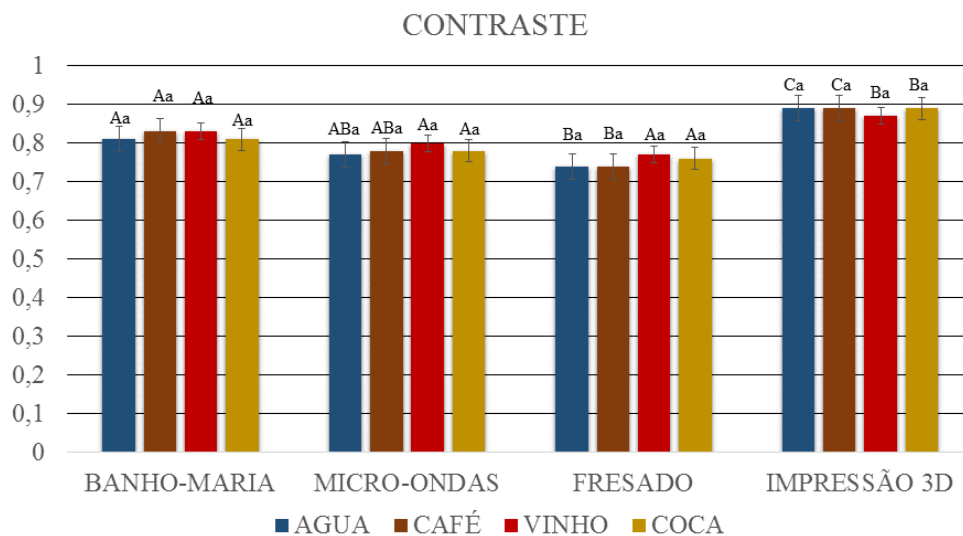
ANOVA two-way indicou que a resina de impressão 3D apresentou, significativamente, os maiores valores de contraste, independente do tempo de envelhecimento ( $p < 0,001$ ). A resina fresada apresentou no tempo inicial, significativamente, o menor valor de contraste ( $p < 0,001$ ), no entanto, em 24 meses não apresentou diferença significativa a resina processada por micro-ondas ( $p = 0,95$ ). A resina convencional e a fresada foram as únicas que não apresentaram diferenças significativas ao longo do tempo de envelhecimento ( $p > 0,05$ ) (Tabela 8). Pelo ANOVA three-way pode-se observar diferença estatística significativa para o efeito resina x tempo; resina x solução; e tempo x solução ( $p < 0,001$ ), sendo que independente das soluções a resina impressa 3D apresentou, significativamente os valores mais altos ( $p < 0,05$ ) (Figura 8).

**Tabela 8 - Média  $\pm$  desvio padrão da taxa de contraste de acordo com o grupo e tempo de envelhecimento.**

Grupos	Contraste (CR)			
	T0	T1	T2	T3
Convencional, resina Clássico	0,83 $\pm$ 0,01 Aa	0,81 $\pm$ 0,03 Aa	0,80 $\pm$ 0,02 Aa	0,80 $\pm$ 0,03 Aa
Microondas, resina Onda Ceryl	0,82 $\pm$ 0,06 Aa	0,76 $\pm$ 0,04 Bb	0,76 $\pm$ 0,04 ABbc	0,72 $\pm$ 0,04 Bc
Fresado, resina Blue Dent	0,75 $\pm$ 0,01 Ba	0,74 $\pm$ 0,03 Ba	0,74 $\pm$ 0,03 Ba	0,73 $\pm$ 0,01 Ba
Impresso 3D, resina Smart Dent	0,92 $\pm$ 0,04 Ca	0,89 $\pm$ 0,01 Cab	0,89 $\pm$ 0,01 Cab	0,88 $\pm$ 0,02 Cb

T0, 24h; T1, 6 meses; T2, 12 meses; T3, 24 meses.

Letras maiúsculas diferentes em colunas e letras minúsculas diferentes em linhas apresentam diferença significativa ( $p < 0,05$ ).



**Fig. 8 - Média do contraste de acordo com a resina e bebidas corantes. Letras maiúsculas comparam diferentes resinas na mesma solução, enquanto que letras minúsculas comparam a mesma resina nas diferentes soluções, sendo que letras diferentes indicam diferença significativa ( $p < 0,05$ ).**

## 2.6 DISCUSSÃO

Os resultados da ANOVA two-way rejeitam a primeira hipótese nula avaliada neste estudo, pois apesar de diferenças significativas terem sido encontrada entre as resinas de impressão 3D com as resinas tradicionais, as resinas fresadas não apresentaram diferenças significativas nas propriedades de superfície e ópticas. Os resultados da ANOVA three-way

rejeitam a segunda hipótese nula, pois diferenças significativas foram encontradas nas propriedades de superfície e ópticas entre as diferentes resinas nas diferentes soluções.

A rugosidade é considerada um fator relevante para adesão microbiana primária, sendo considerada um valor de corte Ra de 0,20  $\mu\text{m}$  para não adesão de microorganismos, como a *Candida albicans* [27]. Todas as resinas apresentaram valores bem abaixo que o valor de corte e de alguns resultados da literatura [11,19], possivelmente pela padronização do polimento aplicado neste estudo. As resinas fresadas apresentaram um valor de Ra significativamente menor que as resinas convencionais e as impressas, diante do efeito de envelhecimento, de acordo com o estudo de Steinmassl et al [11], que confirmaram que as resinas fresadas apresentam uma rugosidade significativamente menor que as resinas convencionais. No entanto, em relação as bebidas corantes, a resina fresada sob imersão de café e vinho e a resina impressa 3D sob refrigerante cola, não apresentaram diferenças significativas das resinas tradicionais. Esse resultado corrobora com alguns estudos que comprovaram que as resinas de dentadura diante de soluções com pH mais ácido sofrem maiores danos superficiais, assim aumentando a rugosidade [16,18,19]. O Rt demonstrou não sofrer efeitos significativos em todas as resinas, demonstrando que o envelhecimento não modifica significativamente a profundidade da rugosidade, sendo a resina fresada a menos afetada pelas bebidas corantes.

A hidrofiliicidade apresenta papel importante na higiene e capacidade de retenção de microorganismos na dentadura, sendo que próteses hidrofóbicas aumentam a aderência de hifas de *Candida Albicans*, propiciando estomatite protética. [10,28]. Neste estudo, a resina impressa 3D apresentou ser a resina mais hidrofóbica, no qual em 24 meses de envelhecimento chegou a atingir um ângulo médio de contato igual a 84,71. Em contrapartida, a resina convencional foi a mais hidrofílica chegando neste mesmo tempo de envelhecimento com um ângulo médio igual a 63,74, sendo significativamente menor que as outras resinas. Esse resultado contraria com o estudo de Steinmassl et al [11], que analisou diferentes marcas de resinas fresadas com o método convencional e apresentou que a maioria das resinas fresadas apresentam ser significativamente mais hidrofílicas que as convencionais, no entanto, não consideraram o efeito do envelhecimento. A resina convencional e a fresada apresentaram uma diminuição do ângulo de contato conforme o tempo de envelhecimento, este fenômeno pode ser explicado pela a capacidade de interação dos monômeros residuais com a água, sendo um indicativo que essas resinas apresentam maior número de monômeros livres na superfície do que as processadas por micro-ondas e as de impressão 3D [16]. Em relação a imersão em bebidas corantes, as resinas CAD/CAM apresentaram hidrofiliicidade semelhantes

as resinas tradicionais, independente das soluções. Os autores, até o momento, desconhecem estudos que tenham analisado a hidrofiliabilidade das resinas de impressão 3D.

Para a energia livre de superfície, um valor de corte importante é postulado como 50 mJ/m<sup>2</sup>, sendo que valores acima disso parecem atrair consideravelmente a adesão bacteriana e, conseqüentemente, a instalação de *Candida albicans*.<sup>11</sup> As resinas fabricadas pelo método CAD/CAM apresentaram os valores mais baixos de energia livre de superfície, sendo a fresada semelhante com as resinas tradicionais e a resina de impressão 3D significativamente mais baixo. Esse resultado está de acordo com o estudo de Steinmassl et al [11], que demonstrou não haver diferenças significativas da energia livre de superfície entre a resina fresada com a convencional. Em 24 meses de envelhecimento todas as resinas apresentaram um aumento significativo ( $p < 0,05$ ) da energia livre de superfície quando comparado a 24h, apesar disso, apenas a resina convencional apresentou valor acima do de corte (51,78 mJ/m<sup>2</sup>), podendo apresentar clinicamente o material com maior capacidade de formação de cálculo de difícil limpeza [11]. Em relação as bebidas corantes, a resina de impressão 3D apresentou os maiores valores sob imersão em vinho e refrigerante cola, sendo este resultado explicado pela capacidade das soluções com baixo pH em alterar de forma prejudicial a superfície das resinas [16,19].

Koroglu et al [9], demonstraram que o limiar da diferença cromática de perceptibilidade clínica é igual um  $\Delta E = 1,30$  e de aceitabilidade clínica igual  $\Delta E = 2,25$ . A resina impressa 3D apresentou os valores mais altos de diferença cromática, apresentando não ter aceitabilidade clínica desde 6 meses de envelhecimento ( $\Delta E = 4,80$ ), em contrapartida a resina fresada apresentou os menores valores, apresentando neste mesmo tempo de envelhecimento um  $\Delta E = 0,88$ . Em relação as bebidas corantes, todas as resinas tiveram aumento significativo, ficando acima da aceitabilidade clínica a partir de seis meses de consumo de bebidas corantes. Esses resultados estão de acordo com a literatura em que as bebidas de café, vinho e refrigerante cola, são as soluções com maiores capacidades de pigmentação, podendo manchar a resina a ponto de trazer prejuízos estéticos [16-19]. A resina processada por micro-ondas e de impressão 3D apresentaram as maiores alterações, principalmente sob imersão nas bebidas de café e refrigerante cola, sendo esses resultados de acordo com o estudo de Alfouzan et al [17], que demonstraram valores acima da aceitabilidade clínica nas resinas convencionais e impressas 3D em 12 meses e 24 meses sob consumo de bebidas de café e suco de limão.

A translucidez e o contraste são propriedades ópticas que desempenham um fator importante na estética da prótese, diretamente ligadas ao brilho e intensidade de cor,

influenciando no aspecto natural [19,21]. A resina fresada apresentou ser a resina mais translúcida chegando a apresentar em 24 meses de envelhecimento um TP = 12,90, enquanto a resina impressa 3D demonstrou ser a mais opaca apresentando, neste mesmo tempo, um TP = 6,57. Em relação as bebidas corantes, a resina fresada apresentou os maiores valores e as resinas impressas apresentaram os maiores valores. Quanto ao contraste a resina impressa 3D apresentou ter a cor mais intensa, apresentando um contraste em 24h igual a CR = 0,92, mantendo valores mais altos que as outras resinas mesmo com o efeito do envelhecimento e sob imersão de bebidas corantes.

Em geral, é possível afirmar que as resinas fresadas apresentam propriedades de superfície semelhantes ou superior as resinas convencionais, enquanto que as resinas de impressão 3D apresentam propriedades inferiores as outras resinas, chegando a ser clinicamente inaceitável conforme o tempo de envelhecimento e imersas em bebidas corantes. Apesar do envelhecimento e das bebidas corantes simulando as condições orais, este estudo se limita pelo seu design in vitro que restringe a replicação exata de situações clínicas, no entanto, recentes estudos clínicos [29,30] têm demonstrado um melhor desempenho clínico das próteses fresadas em comparação às convencionais e impressas 3D, corroborando com os nossos achados. Estudos futuros são recomendados para uma investigação mais aprofundada das propriedades ópticas e de superfície com as resinas de impressão 3D para dentadura, em vista da escassez de estudos e maiores tempo de acompanhamento clínico avaliando esses diferentes tipos de próteses, sendo de suma importância avaliar a satisfação do paciente, em termos de estética, higiene e conforto.

## 2.7 CONCLUSÃO

Com base nos resultados deste estudo in vitro, as seguintes conclusões foram tiradas:

1. A resina fresada apresentou propriedades de superfície semelhante as resinas tradicionais diante do efeito do envelhecimento, enquanto que a resina impressa 3D apresentou os piores resultados.
2. A resina de Impressão 3D apresentou não ter propriedades ópticas adequadas diante do efeito do envelhecimento, enquanto que a resina fresada apresentou as melhores propriedades.
3. As bebidas corantes não alteraram as propriedades de superfície das resinas, entretanto afetaram suas propriedades ópticas, principalmente a resina de impressão 3D e a processado por micro-ondas.

## 2.8 REFERÊNCIAS

- [1] Bhochhibhoya A, Rana SB, Sharma R, Khapung A. Impact of sociodemographic factors, duration of edentulism, and medical comorbidities on the mental attitudes of individuals with complete edentulism. *J Prosthet Dent* 2021;S0022-3913(21)00217-1. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2021.04.007>.
- [2] Singh S, Palaskar JN, Mittal S. Comparative evaluation of surface porosities in conventional heat polymerized acrylic resin cured by water bath and microwave energy with microwavable acrylic resin cured by microwave energy. *Contemp Clin Dent* 2013;4:147-51. <https://doi.org/10.4103/0976-237X.114844>.
- [3] Anusavice KJ, Shen C, Rawls R. *Phillips' science of dental materials* 12th ed. Philadelphia: Elsevier; 2012.
- [4] van Noort R. The future of dental devices is digital. *Dent Mater* 2012;28:3-12. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2011.10.014>.
- [5] Bidra AS, Taylor TD, Agar JR. Computer-aided technology for fabricating complete dentures: systematic review of historical background, current status, and future perspectives. *J Prosthet Dent* 2013;109:361-6. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(13\)60318-2](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(13)60318-2).
- [6] Valentini F, Luz MS, Boscato N, Pereira-Cenci T. Biofilm formation on denture liners in a randomised controlled in situ trial. *J Dent* 2013;41:420-7. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2013.02.012>.
- [7] Müller F. Oral hygiene reduces the mortality from aspiration pneumonia in frail elders. *J Dent Res* 2015;94:14S-16S. <https://doi.org/10.1177/0022034514552494>.
- [8] Majchrzak K, Mierzwinska-Nastalska E, Chmura A, Kwiatkowski A, Paczek L, Mlynarczyk G, et al. Comparison of staphylococcal flora in denture plaque and the surface of the pharyngeal mucous membrane in kidney transplant recipients. *Transplant Proc* 2016;48:1590-7. <https://doi.org/10.1016/j.transproceed.2016.03.016>.
- [9] Köroğlu A, Şahin O, Dede DÖ, Deniz ŞT, Karacan Sever N, Özkan S. Efficacy of denture cleaners on the surface roughness and *Candida albicans* adherence of sealant agent coupled denture base materials. *Dent Mater J*. 2016;35:810-6. <https://doi.org/10.4012/dmj.2016-103>.
- [10] Choi SY, Habimana O, Flood P, Reynaud EG, Rodriguez BJ, Zhanga N, et al. Material-and feature-dependent effects on cell adhesion to micro injection moulded

- medical polymers. *Colloids Surf B Biointerfaces*. 2016;145:46-54. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2016.04.032>.
- [11] Steinmassl O, Dumfahrt H, Grunert I, Steinmassl PA. Influence of CAD/CAM fabrication on denture surface properties. *J Oral Rehabil*. 2018;45:406-13. <https://doi.org/10.1111/joor.12621>.
- [12] Gendreau L, Loewy ZG. Epidemiology and etiology of denture stomatitis. *J Prosthodont* 2011;20:251-60. <https://doi.org/10.1111/j.1532-849X.2011.00698.x>.
- [13] Al-Dwairi ZN, Tahboub KY, Baba NZ, Goodacre CJ, Özcan M. A Comparison of the surface properties of CAD/CAM and conventional polymethylmethacrylate (PMMA). *J Prosthodont* 2019;28:452-7. <https://doi.org/10.1111/jopr.13033>.
- [14] Arocha MA, Mayoral JR, Lefever D, Mercade M, Basilio J, Roig M. Color stability of siloranes versus methacrylate-based composites after immersion in staining solutions. *Clin Oral Investig* 2013;17:1481-7. <https://doi.org/10.1007/s00784-012-0837-7>.
- [15] Cornelis MC, Munafo MR. Mendelian randomization studies of coffee and caffeine consumption. *Nutrients* 2018;10:1343. 10.3390/nu10101343.
- [16] Melo CBF, Feitosa MD, Maia SDB, Barreto JO, Peixoto RF, Regis RR. Effect of a continuous mechanical polishing protocol on the color stainability, microhardness, mass, and surface roughness of denture base acrylic resin. *J Prosthet Dent* 2021;126:796-802. 10.1016/j.prosdent.2020.06.007.
- [17] Alfouzan AF, Alotiabi HM, Labban N, Al-Otaibi HN, Al Taweel SM, AlShehri HA. Color stability of 3D-printed denture resins: effect of aging, mechanical brushing and immersion in staining medium. *J Adv Prosthodont* 2021;13:160-71. 10.4047/jap.2021.13.3.160.
- [18] Diaz-Arnold AM, Vargas MA, Shaull KL, Laffoon JE, Qian F. Flexural and fatigue strengths of denture base resin. *J Prosthet Dent* 2008;100:47-51. 10.1016/S0022-3913(08)60136-5.
- [19] Figuerôa RMS, de Albuquerque KB, Borges CPF, Sánchez-Ayala A, Bombarda NHC, Arrais CAG, et al. The effect of stainable drinks followed by simulated brushing on the roughness and stainability of acrylic resins polymerized with different cycles. *J Prosthet Dent* 2020;123:173-80. 10.1016/j.prosdent.2018.11.001.
- [20] Prpić V, Schaperl Z, Ćatić A, Dulčić N, Čimić S. Comparison of mechanical properties of 3D-Printed, CAD/CAM, and conventional denture base materials. *J Prosthodont* 2020;29:524-8. <https://doi.org/10.1111/jopr.13175>.

- [21] Bitencourt SB, Kanda RY, de Freitas Jorge C, Barão VAR, Sukotjo C, Wee AG, et al. Long-term stainability of interim prosthetic materials in acidic/staining solutions. *J Esthet Restor Dent* 2020;32:73-80. <https://doi.org/10.1111/jerd.12544>.
- [22] Commission International de l'Eclairage. Technical report: colorimetry: CIE publication no. 153. Vienna: CIE Central Bureau; 2004.
- [23] Tsujimoto A, Barkmeier WW, Takamizawa T, Latta MA, Miyazaki M. Influence of thermal cycling on flexural properties and simulated wear of computer-aided design/computer-aided manufacturing resin composites. *Oper Dent* 2017;42(1):101-10. <https://doi.org/10.2341/16-046-L>.
- [24] Alp G, Johnston WM, Yilmaz B. Optical properties and surface roughness of prepolymerized poly(methyl methacrylate) denture base materials. *J Prosthet Dent* 2019;121(2):347-52. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2018.03.001>.
- [25] Morresi AL, D'Amario M, Capogreco M, Gatto R, Marzo G, D'Arcangelo C, Monaco A. Thermal cycling for restorative materials: does a standardized protocol exist in laboratory testing? A literature review. *J Mech Behav Biomed Mater* 2014;29:295-308. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2013.09.013>.
- [26] Li P, Krämer-Fernandez P, Klink A, Xu Y, Spintzyk S. Repairability of a 3D printed denture base polymer: Effects of surface treatment and artificial aging on the shear bond strength. *J Mech Behav Biomed Mater* 2021;114:104227. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2020.104227>.
- [27] Bollen CM, Lambrechts P, Quirynen M. Comparison of surface roughness of oral hard materials to the threshold surface roughness for bacterial plaque retention: a review of the literature. *Dent Mater* 1997;13(4):258-69. [https://doi.org/10.1016/s0109-5641\(97\)80038-3](https://doi.org/10.1016/s0109-5641(97)80038-3).
- [28] Sipahi C, Anil N, Bayramli E. The effect of acquired salivary pellicle on the surface free energy and wettability of different denture base materials. *J Dent* 2001;29(3):197-204. [https://doi.org/10.1016/s0300-5712\(01\)00011-2](https://doi.org/10.1016/s0300-5712(01)00011-2).
- [29] Faty MA, Sabet ME, Thabet YG. A comparison of denture base retention and adaptation between CAD-CAM and conventional fabrication techniques. *Int J Prosthodont*. 2021 Mar 3. doi: 10.11607/ijp.7193.
- [30] Srinivasan M, Kalberer N, Fankhauser N, Naharro M, Maniewicz S, Müller F. CAD-CAM complete removable dental prostheses: A double-blind, randomized, crossover clinical trial evaluating milled and 3D-printed dentures. *J Dent*. 2021 Dec;115:103842. doi: 10.1016/j.jdent.2021.103842.



## **3 CAPÍTULO 2 – EFEITO DO ENVELHECIMENTO NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE RESINAS ACRÍLICAS PARA BASE DE DENTADURA FRESADAS CAD-CAM E IMPRESSAS 3D‡**

### **3.1 Resumo**

O objetivo desse estudo foi investigar as propriedades mecânicas de resinas acrílicas para base de dentadura do método convencional, processada por micro-ondas, fresada e impressa 3D diante de diferentes tempos de envelhecimento. Um total de 160 amostras retangulares ( $64 \times 10 \times 3,3 \pm 0,03$  mm) foram confeccionadas, divididas entre os quatro grupos principais de resinas e subdivididas em quatro tempos de análise (T0, T1, T2 e T3), resultando um  $n = 10$  para cada subgrupo. Após armazenamento em água destilada a  $37^\circ\text{C}$  por 24h as amostras passaram por testes mecânicos (microdureza, resistência à flexão e módulo de elasticidade), considerando testes iniciais (T0). As amostras passaram por envelhecimento em uma termocicladora à temperatura de  $5^\circ\text{C}$  e  $55^\circ\text{C}$  nos ciclos de 5.000 (T1), 10.000 (T2) e 20.000 (T3), em seguida passaram novamente pelos testes mecânicos. Os dados dos testes mecânicos foram avaliados com a análise de variância ANOVA two-way ( $p < 0,05$ ). A resina impressa 3D apresentou, significativamente, os menores valores de microdureza, resistência à flexão e módulo de elasticidade comparado as outras resinas ( $p < 0,001$ ). A resina de dentadura fresada CAD/CAM apresentou propriedades mecânicas semelhantes as resinas tradicionais, enquanto que a impressa 3D não apresentou propriedades mecânicas adequadas para uso clínico à longo prazo.

**Palavras-chave:** Prótese Dentária. Bases de Dentadura. PMMA. Avaliação das Propriedades Mecânicas.

### **3.2 Abstract**

The objective of this study was to investigate the mechanical properties of acrylic resins to denture base of the conventional method, processed by microwave, milled and printed 3D before different aging times. A total of 160 rectangular samples ( $64 \times 10 \times 3.3 \pm 0.03$  mm) were made, divided between the four main groups of resins and subdivided into four analysis times (T0, T1, T2 and T3), resulting in a  $n = 10$  for each subgroup. After storage in distilled

---

‡ Este capítulo está apresentado em formato de artigo e de acordo com as normas do periódico “Journal of Prosthetic Dentistry” – Qualis A1 – Fator de Impacto: 3.426 – Anexo B

water at 37 °C per 24-hour samples underwent mechanical tests (microhardness, flexion resistance and elasticity module), considering initial tests (T0). Samples were aged in a thermocycling at 5 °C and 55 °C in the cycles of 5,000 (T1), 10,000 (T2) and 20,000 (T3), then passed again by the mechanical tests. Mechanical test data were evaluated with the analova Two-Way variance analysis ( $p < 0.05$ ). The printed 3D resin significantly presented the lowest microhardness values, flexural strength and elasticity module compared to the other resins ( $p < 0.001$ ). The CAD / CAM milling resin presented mechanical properties similar to traditional resins, while 3D printed did not present adequate mechanical properties for clinical use in the long run.

**Keywords:** Dental prosthesis. Denture bases. PMMA. Evaluation of mechanical properties.

### 3.3 Introdução

O polimetilmetacrilato (PMMA) é o polímero acrílico mais utilizado na fabricação das bases de dentadura por apresentar estética aceitável, fácil manuseio, biocompatibilidade e baixo custo.<sup>1</sup> O método tradicionalmente utilizado para fabricação das próteses totais é realizado pela polimerização induzida por calor, sendo pelo método convencional (banho-maria) ou processada por micro-ondas.<sup>1,2</sup> No entanto, com a introdução da tecnologia de desenho auxiliado por computador/fabricação auxiliada por computador (CAD/CAM) na odontologia, possibilidades de fabricação de dentaduras pelo processo de fresagem e impressão 3D se tornaram possíveis.<sup>3</sup>

As próteses fabricadas pelo método CAD/CAM foram introduzidas com o objetivo de reduzir o tempo clínico, facilitar a duplicação de próteses, otimizar a precisão dimensional e melhorar suas propriedades mecânicas,<sup>3,4</sup> em vista que as tradicionais apresentam uma superfície porosa, e conseqüentemente, baixa resistência.<sup>1</sup> O método de fresagem utiliza de blocos de resina acrílica condensadas sob alta pressão e calor, onde o processo de polimerização ocorre em condições padronizadas, objetivando reduzir a porosidade,<sup>5</sup> enquanto que o método de impressão 3D utiliza de resina líquida, no qual a confecção da prótese ocorre pela deposição de camadas da resina, sendo simultaneamente fotopolimerizadas por luz ultravioleta, apresentando menor desperdício de material.<sup>3,6</sup>

As propriedades mecânicas das resinas para base de dentadura são regulamentes testadas pelos testes de microdureza superficial, resistência à flexão e módulo de

elasticidade.<sup>7</sup> A dureza do material determina sua resistência ao desgaste, sendo que próteses feitas com material de baixa dureza podem ser danificadas pela escovação mecânica, causando retenção de placa e pigmentações, diminuindo a vida útil das próteses.<sup>8,9</sup> As dentaduras devem apresentar alta resistência à flexão e alto módulo de elasticidade, pois durante a mastigação são submetidas a repetidas forças de flexão que induzem tensões internas na resina acrílica, e conseqüentemente, ao longo do tempo causam falha por fadiga.<sup>10,11</sup> Dessa forma, a alta resistência diminuirá as chances de propagação de trincas e fissuras, evitando fraturas, enquanto que o alto módulo de elasticidade diminuirá as chances de deformação plástica.<sup>10</sup> Próteses dentárias capazes de sustentar maior flexão em combinação com alta resistência ao carregamento cíclico podem ser menos sujeitas a falha clínica.<sup>11</sup>

Diante disso, o objetivo desse estudo foi investigar as propriedades mecânicas de resinas acrílicas para base de dentadura do método convencional, processada por micro-ondas, fresada e impressa 3D diante de diferentes tempos de envelhecimento. As duas hipóteses avaliadas neste estudo foram que diferenças significativas seriam encontradas entre as resinas polimerizadas por calor e fabricadas pelo sistema CAD/CAM; e que não seriam encontradas diferenças significativas ao longo do tempo de envelhecimento.

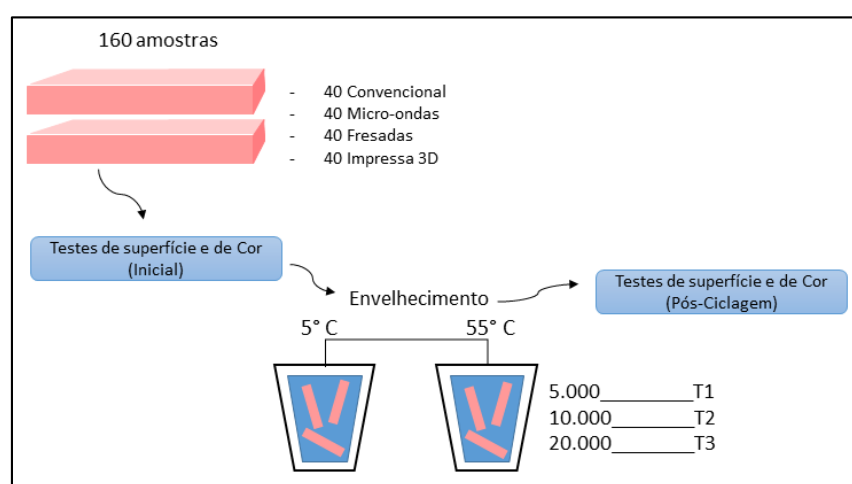
### **3.4 Material e Método**

#### **3.4.1 Delineamento e fabricação das mostras**

Quatro resinas acrílicas para base de prótese dentária foram selecionadas para este estudo, devido ao método de fabricação: convencional (banho-maria); processada por micro-ondas; fresada; e impressa 3D (Tabela 1). Um total de 160 amostras retangulares ( $64 \times 10 \times 3,3 \pm 0,03$  mm), de acordo com a norma ISO 20795-1:(2013) International Standard,<sup>12</sup> foram confeccionadas, divididas entre os quatro grupos principais de resinas e subdivididas em quatro tempos de análise (T0, T1, T2 e T3), resultando um  $n = 10$  para cada subgrupo, conforme ilustrado na figura 1.

**Tabela 1.** Resinas acrílicas para base de dentaduras utilizadas no estudo.

Material	Marca	Proporção	Método de Confeção
<b>Convencional, resina Clássico</b>	Artigos Odontológicos – Clássico ©	14g pó para 6,5ml monômero	60' banho-maria
<b>Microondas, resina Onda Cryl</b>	Artigos Odontológicos – Clássico ©	14g pó para 6,5ml monômero	10' microondas
<b>Fresado, resina Blue Dent</b>	Blue Dent ®	Disco prensado	Fresadora
<b>Impresso, Resina Smart Dent</b>	Smart Dent ®	Resina líquida	Impressora 3D

**Figura 1.** Diagrama representando o delineamento do estudo.

Para a confecção das amostras convencional e processada por microondas foi confeccionado moldes, nas dimensões das amostras, com silicone de laboratório (Zetalabor-Zhermack; Labordental) e silicone leve de adição (Elite HD+, Zhermack SpA) incluídos em muflas de plástico (Vipi – STG Ltda) com gesso especial tipo IV (Durone, Dentsply Ltda) (Figura 2). A resina do método convencional rosa médio (Clássico) e a resina processada por micro-ondas rosa médio (Onda Cryl) foram manuseadas conforme a indicação do fabricante (Tabela 1) e inseridos nos moldes, sendo mantidos sob carga 14,71 kN durante 2 minutos em uma prensa hidráulica (Maxx 1; Essence Dental) e mantidas em bancada por 30 minutos. As amostras do método convencional foram polimerizadas em banho-maria por 60 minutos em água fervente (100°C), enquanto que as processadas por micro-ondas foram polimerizadas por 3 minutos com potência de 30%, seguido de 4 minutos com potência de 0% e 3 minutos com potência de 60% em micro-ondas (Brastemp Ltda). Após a polimerização, irregularidades de bordas e excessos de resinas foram removidas com uma maxicut (Vicking).<sup>11,13</sup>



**Figura 2.** Molde incluído em mufla para confecção das amostras convencional e processada por micro-ondas.

As amostras confeccionadas pelo método fresado e impresso 3D, primeiramente, foram projetadas em um software CAD (Exocad; Exocad GmbH) de acordo com as dimensões das amostras. Os arquivos de linguagem de mosaico padrão CAD foram enviados para o software CAM da fresadora e da impressora 3D. Blocos de PMMA rosa médio (BlueDent Ltd.) foram fresados em uma fresadora de 5 eixos (SilaMill 5R; SILADENT) para obtenção das amostras fresadas, enquanto que uma resina líquida de PMMA rosa médio (SmartDent Ltd.) foi utilizada em uma impressora estereolitográfica com tecnologia de processamento digital de luz (MoonRay Model S; VertySystem) para obtenção das amostras impressas 3D.<sup>8</sup>

Todas as amostras foram submetidas a um acabamento e polimento padronizado, usando discos de lixas na seguinte sequência de granulação: #200; #600; #1000 (Carbamet; Buehler); e #800; #1200 (Microcut; Buehler), acoplados em máquina de polimento automático (AutoMet 250; Buehler) sob irrigação de água constante em 300 rpm durante 30 segundos em cada face. Após o acabamento com lixas, as amostras foram polidas com solução policristalina diamantada (MetaDi, Supreme; Buehler) passado em todas as faces planas e aplicado por 5 segundos em um disco de feltro acoplado na máquina de polimento automático em 300 rpm. Em seguida, os espécimes foram limpos por ultrassom (UltraSonic Clean; UNIQUE) por 5 minutos para remoção de resíduos. As medidas  $64 \times 10 \times 3,3$  mm foram confirmadas com paquímetro digital com resolução de 0,01 mm (Digimatic; Mitutoyo South American Ltd.) em 5 pontos para  $\pm 0,03$  mm.<sup>11,13-15</sup> (Figura 3).



**Figura 3.** Amostras confeccionadas de acordo com as medidas estabelecidas: A – resina convencional; B – resina processada por micro-ondas; C – resina fresada; D – resina impressa 3D.

### 3.4.2 Envelhecimento das amostras

Antes dos testes mecânicos, todas as amostras dos quatro grupos de resinas foram randomizadas de acordo com o tempo de envelhecimento. As amostras foram armazenadas em água destilada em uma estufa (Equipamentos Científicos; Cienlab) a  $37^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  durante 24h, antes dos primeiros testes mecânicos, sendo este tempo considerado T0.<sup>16</sup> Após as análises iniciais todas as amostras foram submetidas a termociclagem (Modelo MSCT-3, Convel) em água destilada com banhos alternados de 30 segundos à temperatura de  $5 \pm 1^{\circ}\text{C}$  e  $55 \pm 1^{\circ}\text{C}$  (70s por ciclo; tempo de permanência: 30s; tempo de transferência: 5s) em diferentes números de ciclos: 5.000 (T1); 10.000 (T2); e 20.000 (T3).<sup>16,17</sup> (Figura 1). A termociclagem, nas condições apresentada, representa a cada 5.000 ciclos um envelhecimento de 6 meses clínico da resina acrílica.<sup>18,19</sup>

### 3.4.3 Testes das propriedades mecânicas

A microdureza superficial foi avaliada com um microdurômetro (HNV-2T; Shimadzu Corp) equipado com um diamante Knoop, de acordo com as diretrizes da ASTM E384 -11.<sup>20</sup> Três marcações foram realizadas em cada amostra com distâncias de 500  $\mu\text{m}$  com uma carga vertical estática de 0,24N por 10 segundos. Um único operador (V.A.A.B.) mediu a maior diagonal de cada marcação, e a média das 3 medições foi definida como o valor de microdureza (KNH,  $\text{Kgf}/\text{mm}^2$ ) da amostra.<sup>21</sup>

A resistência à flexão e o módulo de elasticidade foram testados através de um teste de flexão de 3 pontos em uma máquina de teste universal (EMIC, São José dos Pinhais, SP, Brasil), de acordo com as diretrizes da ISO 20795-1:(2013)<sup>12</sup> para polímeros de base de dentadura. As amostras foram posicionadas em vigas de suporte circulares com vão de 50 mm de comprimento. Uma célula de carga de 100 kg/F foi utilizada para aplicação de carga constante no centro da amostra a uma velocidade de cruzeta de 5 mm/min até a fratura. O momento da fratura foi designado como o momento em que a carga aplicada caiu a zero. Os dados foram registrados por meio de um programa de software (Tesc; Intermetric Ltd). A resistência à flexão e o módulo de elasticidade foram então calculados a partir das seguintes equações:

(1)

$$\text{Resistência à Flexão (Mpa)} = 3Fl/2bh^2$$

(2)

$$\text{Módulo de elasticidade (Mpa)} = Fl^3/4bh^3d$$

onde F é a carga máxima, l é a distância entre os apoios, b é a largura, h é a altura, e d é a deflexão.<sup>15,22</sup>

#### 3.4.4 Estatístico

Os conjuntos de dados foram analisados com software estatístico (SigmaPlot 14.5). As medidas contínuas com valores de média e desvio padrão para todos os grupos e testes foram computados. As diferenças estatísticas entre os grupos de resina e tempo de envelhecimento foram avaliadas com a análise de variância ANOVA two-way. Todos os testes foram realizados com nível de significância de  $p < 0,05$ .

### 3.5 Resultados

A resina impressa 3D apresentou, significativamente, o menor valor de microdureza comparado as outras resinas, independentemente do tempo de envelhecimento ( $p < 0,001$ ). A resina processada por micro-ondas foi a única resina que não apresentou uma diminuição significativa da microdureza ao longo do envelhecimento ( $p > 0,05$ ). A resina convencional e a resina fresada apresentaram uma diminuição significativa da microdureza em 24 meses de envelhecimento ( $p < 0,05$ ), enquanto que na resina impressa 3D houve uma diminuição ao

longo do tempo, não sendo significativo apenas entre 6 meses e 12 meses de envelhecimento ( $p = 1,00$ ). (Tabela 2).

**Tabela 2.** Média  $\pm$  desvio padrão para o teste de microdureza Knoop (KNH, Kgf/mm<sup>2</sup>) de acordo com o grupo e tempo de envelhecimento.

Material	Microdureza Knoop (KNH, Kgf/mm <sup>2</sup> )			
	Tempo de envelhecimento (Média $\pm$ DP)			
	T0	T1	T2	T3
<b>Convencional, resina Clássico</b>	21,64 $\pm$ 0,85 <b>Aa</b>	21,04 $\pm$ 1,17 <b>Aa</b>	21,04 $\pm$ 0,53 <b>Aa</b>	19,93 $\pm$ 0,45 <b>Ab</b>
<b>Microondas, resina Onda Cryl</b>	20,95 $\pm$ 0,47 <b>Ba</b>	20,70 $\pm$ 0,71 <b>Aa</b>	20,50 $\pm$ 0,27 <b>Aa</b>	20,44 $\pm$ 0,63 <b>Aa</b>
<b>Fresado, resina Blue Dent</b>	21,35 $\pm$ 0,41 <b>ABa</b>	20,91 $\pm$ 0,41 <b>Aa</b>	21,18 $\pm$ 0,32 <b>Aa</b>	20,02 $\pm$ 0,19 <b>Ab</b>
<b>Impresso 3D, resina Smart Dent</b>	17,45 $\pm$ 1,10 <b>Ca</b>	14,50 $\pm$ 1,27 <b>Bb</b>	14,52 $\pm$ 0,79 <b>Bb</b>	11,72 $\pm$ 0,69 <b>Bc</b>

T0, 24h; T1, 6 meses; T2, 12 meses; T3, 24 meses.

Letras maiúsculas diferentes em colunas e letras minúsculas diferentes em linhas apresentam diferença significativa ( $p < 0,05$ ).

A resina impressa 3D apresentou, significativamente, o maior valor de resistência à flexão em 24h comparado as outras resinas ( $p < 0,001$ ), no entanto a resistência à flexão diminuiu significativamente em 6 meses, 12 meses e 24 meses ( $p < 0,05$ ), apresentando nesses tempos, significativamente, os menores valores de resistência à flexão comparado as outras resinas ( $p < 0,001$ ). A resina convencional e a processada por micro-ondas não apresentaram diminuição significativa da resistência à flexão ao longo do envelhecimento ( $p > 0,05$ ), enquanto que a resina fresada apresentou uma diminuição significativa da resistência à flexão apenas em 24 meses de envelhecimento ( $p < 0,05$ ). (Tabela 3).

**Tabela 3.** Média  $\pm$  desvio padrão para o teste de resistência à flexão (MPa) de acordo com o grupo e tempo de envelhecimento.

Material	Resistência à Flexão (MPa)			
	Tempo de envelhecimento (Média $\pm$ DP)			
	T0	T1	T2	T3
<b>Convencional, resina Clássico</b>	73,12 $\pm$ 4,57 <b>Aa</b>	73,08 $\pm$ 4,88 <b>Aa</b>	72,95 $\pm$ 4,84 <b>Aa</b>	72,29 $\pm$ 4,63 <b>Aa</b>
<b>Microondas, resina Onda Cryl</b>	76,41 $\pm$ 6,01 <b>Aa</b>	76,34 $\pm$ 4,47 <b>Aa</b>	76,27 $\pm$ 5,97 <b>Aa</b>	76,15 $\pm$ 4,42 <b>Aa</b>
<b>Fresado, resina Blue Dent</b>	78,38 $\pm$ 3,99 <b>Aa</b>	78,37 $\pm$ 4,95 <b>Aa</b>	77,02 $\pm$ 3,71 <b>Aa</b>	70,66 $\pm$ 3,96 <b>Ab</b>
<b>Impresso 3D, resina Smart Dent</b>	87,70 $\pm$ 3,61 <b>Ba</b>	65,21 $\pm$ 2,19 <b>Bb</b>	58,31 $\pm$ 1,96 <b>Bc</b>	51,68 $\pm$ 9,40 <b>Bd</b>

T0, 24h; T1, 6 meses; T2, 12 meses; T3, 24 meses.

Letras maiúsculas diferentes em colunas e letras minúsculas diferentes em linhas apresentam diferença significativa ( $p < 0,05$ ).



A resina impressa 3D apresentou, significativamente, o menor valor de módulo de elasticidade comparada as outras resinas, independente do tempo de envelhecimento ( $p < 0,001$ ). A resina convencional e a processada por micro-ondas não apresentaram diminuição significativa do módulo de elasticidade ao longo do envelhecimento ( $p > 0,05$ ). A resina fresada apresentou uma diminuição significativa do módulo de elasticidade apenas quando comparado 24h com 24 meses de envelhecimento ( $p = 0,037$ ), enquanto que a resina impressa 3D em 6 meses, 12 meses e 24 meses de envelhecimento não apresentaram diferenças significativas entre si ( $p > 0,05$ ), mas apresentaram diminuição significativa em relação a 24h ( $p < 0,001$ ). (Tabela 4).

**Tabela 4.** Média  $\pm$  desvio padrão para o teste de módulo de elasticidade (MPa) de acordo com o grupo e tempo de envelhecimento.

Material	Módulo de Elasticidade (MPa)			
	Tempo de envelhecimento (Média $\pm$ DP)			
	T0	T1	T2	T3
Convencional, resina Clássico	2025,03 $\pm$ 111,76 <b>Aa</b>	2017,31 $\pm$ 52,57 <b>Aa</b>	2010,55 $\pm$ 90,73 <b>Aa</b>	1944,47 $\pm$ 65,98 <b>Aa</b>
Microondas, resina Onda Cryl	2041,98 $\pm$ 84,96 <b>Aa</b>	2017,23 $\pm$ 65,10 <b>Aa</b>	1995,17 $\pm$ 40,30 <b>Aa</b>	1979,64 $\pm$ 82,51 <b>Aa</b>
Fresado, resina Blue Dent	2189,64 $\pm$ 421,79 <b>Aa</b>	2038,53 $\pm$ 40,03 <b>Aab</b>	2013,20 $\pm$ 27,86 <b>Aab</b>	1985,53 $\pm$ 25,01 <b>Ab</b>
Impresso 3D, resina Smart Dent	1284,75 $\pm$ 400,09 <b>Ba</b>	788,06 $\pm$ 55,32 <b>Bb</b>	728,36 $\pm$ 119,41 <b>Bb</b>	710,83 $\pm$ 110,70 <b>Bb</b>

T0, 24h; T1, 6 meses; T2, 12 meses; T3, 24 meses.

Letras maiúsculas diferentes em colunas e letras minúsculas diferentes em linhas apresentam diferença significativa ( $p < 0,05$ ).

### 3.6 Discussão

Os resultados da ANOVA two-way rejeitam as duas hipóteses avaliadas neste estudo. A primeira hipótese foi rejeitada porque, apesar de diferenças significativas terem sido encontradas entre a resina impressa 3D e as resinas tradicionais, as resinas fresadas não apresentaram diferenças significativas com as tradicionais. A segunda hipótese também foi rejeitada porque diferenças significativas foram encontradas ao longo do tempo de envelhecimento, exceto para a resina processada por micro-ondas.

A microdureza superficial fornece informações sobre a densidade do material e sua resistência ao desgaste.<sup>8,9</sup> De acordo com as especificações da ANSI/ADA nº 12-2002<sup>23</sup> a dureza Knoop de resinas para base de dentaduras devem apresentar valores acima de 15

Kgf/mm<sup>2</sup> para evitar o desgaste excessivo do material. Os resultados desse estudo demonstram que as resinas do método convencional, processada por micro-ondas e fresada apresentaram valores acima de 15 Kgf/mm<sup>2</sup> em todos os tempos de envelhecimento, enquanto que a resina impressa 3D apresentou somente no tempo de 24h (17,45±1,10) sendo este um valor significativamente baixo ( $p < 0,001$ ). A resina impressa 3D apresentou os menores valores de microdureza chegando a apresentar um valor de 11,72±0,69 com 24 meses de envelhecimento, assim apresentando ser a resina mais propícia a pigmentação e retenção de biofilme bacteriano.<sup>21</sup> O baixo valor apresentado apenas pela resina impressa 3D pode estar associado ao seu processo de polimerização que não é realizado sob calor.<sup>3,6</sup> Farina et al.<sup>24</sup> relatou que o aquecimento do PMMA aumenta o grau de conversão do monômero, reduzindo a presença de monômeros residuais e o efeito plastificante, resultando em maior dureza.

A base de dentadura sujeita a teste de flexão em diferentes tempos de envelhecimento, simula a capacidade de sucesso intraoral sob altas cargas funcionais durante a mastigação e parafunção ao longo do tempo,<sup>5</sup> sendo a resistência à flexão um dos principais determinantes das propriedades mecânicas da resina acrílica, no qual sua alta resistência está diretamente ligada à um alto grau de conversão dos monômeros.<sup>15,25</sup> De acordo com a norma ISO 20795-1:2013<sup>12</sup> as resinas acrílicas não devem atingir valores abaixo de 65 Mpa. As resinas do método convencional, processada por micro-ondas e fresada apresentaram valores acima de 65 Mpa em todos os tempos de envelhecimento, mesmo com diminuição significativa da fresada em 24 meses de envelhecimento ( $p < 0,05$ ). A resina impressa 3D apresentou valores acima de 65 Mpa apenas nos tempos de 24h e 6 meses de envelhecimento, chegando a apresentar uma resistência de 51,68±9,40 Mpa. Esses resultados corroboram com o estudo de Prpić et al<sup>8</sup> que demonstraram que as resinas impressas apresentam menor resistência à flexão que as resinas tradicionais e de impressão 3D. A resistência à flexão da resina impressa 3D demonstra uma limitação ao tempo de uso de uma prótese provisória, podendo apresentar grandes chances de fratura a partir desse período.<sup>5,8,15</sup>

O módulo de elasticidade avalia a capacidade de deformação antes da fratura que segundo as normas ISO 20795-1:2013<sup>12</sup> não devem apresentar valores menores que 2 Gpa. A resina convencional apresentou valores abaixo de 2 Gpa em 24 meses de envelhecimento, enquanto que a resina processada por micro-ondas apresentou em 12 meses e 24 meses, no entanto, ambas resinas não apresentaram diminuição significativa em relação ao tempo de 24 horas ( $p = 0,716$ ) ( $p = 0,846$ ), respectivamente. A resina fresada também apresentou valores abaixo de 2 Gpa em 24 meses de envelhecimento, apesar disso, foi o valor mais alto entre as

resinas neste tempo ( $1985,53 \pm 25,01$  Mpa), enquanto que a resina impressa 3D apresentou valores abaixo de 2 Gpa desde o tempo de 24h e foram diminuindo ao longo do tempo, chegando a  $710,83 \pm 110,70$  Mpa em 24 meses de envelhecimento. Assim a resina impressa 3D apresenta ter uma maior deformação plástica permanente em comparação as outras resinas, o que conseqüentemente pode causar, clinicamente, alterações de dimensões, levando a alterações oclusais e perda de retenção.<sup>15,21</sup>

De acordo com os resultados do presente estudo, a resina fresada apresentou as melhores propriedades mecânicas, no entanto, não foram significativamente diferentes das resinas tradicionais, enquanto que a resina de impressão 3D apresentou os menores valores de propriedades mecânicas, sendo afetada negativamente ao envelhecimento, limitando seu uso apenas para próteses totais provisórias.<sup>8</sup> Recentes estudos<sup>26,27</sup> começaram a introduzir nanopartículas nas resinas de impressão 3D com objetivo de melhorar suas propriedades mecânicas e biológicas, sendo esta uma alternativa que parece aumentar a resistência da resina e prolongar seu tempo de uso.<sup>26</sup>

Apesar do envelhecimento simulando as condições orais, este estudo se limita pelo seu design in vitro que limita a replicação exata de situações clínicas. Estudos futuros são recomendados para uma investigação mais aprofundada sobre o grau de conversão e presença de monômero residual, estabilidade dimensional, resistência ao impacto e citotoxicidade das resinas fabricadas pelo método CAD/CAM, além da investigação das propriedades mecânicas da resina de impressão 3D incorporadas com nanopartículas.

### **3.7 Conclusão**

Com base nos resultados deste estudo in vitro, as seguintes conclusões foram tiradas:

1. A resina de dentadura fresada CAD/CAM apresentou propriedades mecânicas semelhantes as resinas tradicionais (convencional e processada por micro-ondas).
2. A resina de impressão 3D não apresentou propriedades mecânicas adequadas para uso clínico à longo prazo.

### **3.8 Referências**

1. Singh S, Palaskar JN, Mittal S. Comparative evaluation of surface porosities in conventional heat polymerized acrylic resin cured by water bath and microwave energy with microwavable acrylic resin cured by microwave energy. *Contemp Clin Dent* 2013;4:147-51.
2. Anusavice KJ, Shen C, Rawls R. Phillips' science of dental materials 12th ed. Philadelphia: Elsevier; 2012.
3. van Noort R. The future of dental devices is digital. *Dent Mater* 2012;28:3-12.
4. Bidra AS, Taylor TD, Agar JR. Computer-aided technology for fabricating complete dentures: systematic review of historical background, current status, and future perspectives. *J Prosthet Dent* 2013;109:361-6.
5. Al-Dwairi ZN, Tahboub KY, Baba NZ, Goodacre CJ. A Comparison of the flexural and impact strengths and flexural modulus of CAD/CAM and conventional heat-cured polymethyl methacrylate (PMMA). *J Prosthodont* 2020;29:341-9.
6. Steinmassl PA, Klaunzer F, Steinmassl O, Dumfahrt H, Grunert I. Evaluation of currently available CAD/CAM denture systems. *Int J Prosthodont* 2017;30:116–22.
7. Ayaz EA, Bagis B, Turgut S: Effects of thermal cycling on surface roughness, hardness and flexural strength of polymethylmethacrylate and polyamide denture base resins. *J Appl Biomater Funct Mater* 2015;13:280-6.
8. Prpić V, Schauerl Z, Čatić A, Dulčić N, Čimić S. Comparison of mechanical properties of 3D-Printed, CAD/CAM, and conventional denture base materials. *J Prosthodont*. 2020;29:524-8.
9. Ayman AD. The residual monomer content and mechanical properties of CAD\CAM resins used in the fabrication of complete dentures as compared to heat cured resins. *Electron Physician*. 2017;9:4766-72.
10. Ajaj-Alkordy NM, Alsaadi MH. Elastic modulus and flexural strength comparisons of high-impact and traditional denture base acrylic resins. *Saudi Dent J* 2014;26:15-8.
11. Diaz-Arnold AM, Vargas MA, Shaull KL, Laffoon JE, Qian F. Flexural and fatigue strengths of denture base resin. *J Prosthet Dent* 2008;100:47-51.

12. Europeans Standards. EN ISO 20795-1:2013: Denture base polymers. (<https://www.en-standard.eu/bs-en-iso-20795-1-2013-dentistry-base-polymers-denture-base-polymers/>).
13. Figuerôa RMS, de Albuquerque KB, Borges CPF, Sánchez-Ayala A, Bombarda NHC, Arrais CAG, et al. The effect of stainable drinks followed by simulated brushing on the roughness and stainability of acrylic resins polymerized with different cycles. *J Prosthet Dent* 2020;123:173-80.
14. Bitencourt SB, Kanda RY, de Freitas Jorge C, Barão VAR, Sukotjo C, Wee AG, et al. Long-term stainability of interim prosthetic materials in acidic/staining solutions. *J Esthet Restor Dent* 2020;32:73-80.
15. Aguirre BC, Chen JH, Kontogiorgos ED, Murchison DF, Nagy WW. Flexural strength of denture base acrylic resins processed by conventional and CAD-CAM methods. *J Prosthet Dent* 2020;123:641-6.
16. Tsujimoto A, Barkmeier WW, Takamizawa T, Latta MA, Miyazaki M. Influence of thermal cycling on flexural properties and simulated wear of computer-aided design/computer-aided manufacturing resin composites. *Oper Dent* 2017;42:101-10.
17. Alp G, Johnston WM, Yilmaz B. Optical properties and surface roughness of prepolymerized poly(methyl methacrylate) denture base materials. *J Prosthet Dent* 2019;121:347-52.
18. Morresi AL, D'Amario M, Capogreco M, Gatto R, Marzo G, D'Arcangelo C, et al. Thermal cycling for restorative materials: does a standardized protocol exist in laboratory testing? A literature review. *J Mech Behav Biomed Mater* 2014;29:295-308.
19. Li P, Krämer-Fernandez P, Klink A, Xu Y, Spintzyk S. Repairability of a 3D printed denture base polymer: Effects of surface treatment and artificial aging on the shear bond strength. *J Mech Behav Biomed Mater* 2021;114:104227.
20. American Society for Testing Materials. ASTM E384 -11 Standard Test Method for Knoop and Vickers Hardness of Materials. ASTM International; 9 16:10:03 EDT 2012. (<https://www.astm.org/e0384-11.html>).

21. Melo CBF, Feitosa MD, Maia SDB, Barreto JO, Peixoto RF, Regis RR. Effect of a continuous mechanical polishing protocol on the color stainability, microhardness, mass, and surface roughness of denture base acrylic resin. *J Prosthet Dent* 2021;126:796-802.
22. Tijana A, Valentina V, Nataša T, Miloš HM, Atlagić Suzana G, Milica B, et al. Mechanical properties of new denture base material modified with gold nanoparticles. *J Prosthodont Res* 2021;65:155-61.
23. American National Standards Institute. ANSI/ADA Specification n. 12-2002: Denture Base polymers. (<https://webstore.ansi.org/standards/ada/ansiadaspecification122002>).
24. Farina AP, Cecchin D, Soares RG, Botelho AL, Takahashi JM, Mazzetto MO, et al. Evaluation of Vickers hardness of different types of acrylic denture base resins with and without glass fibre reinforcement. *Gerodontology* 2012;29:e155-60.
25. Gharechahi J, Asadzadeh N, Shahabian F, Gharechahi M. Flexural strength of acrylic resin denture bases processed by two different methods. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects* 2014;8:148-52.
26. Zidan S, Silikas N, Haider J, Alhotan A, Jahantigh J, Yates J. Evaluation of equivalent flexural strength for complete removable dentures made of zirconia-impregnated PMMA nanocomposites. *Materials* 2020;13:2580.
27. Cristache CM, Totu EE, Iorgulescu G, Pantazi A, Dorobantu D, Nechifor AC, et al. Eighteen months follow-up with patient-centered outcomes assessment of complete dentures manufactured using a hybrid nanocomposite and additive CAD/CAM Protocol. *J Clin Med* 2020;9:324.

## **4 CAPÍTULO 3 – COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS CLÍNICOS ENTRE PACIENTE REABILITADOS COM PRÓTESES TOTAIS PELO MÉTODO CONVENCIONAL E MÉTODO CAD-CAM: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA<sup>§</sup>**

### **4.1 Resumo**

A tecnologia CAD/CAM permite a fabricação de próteses totais através dos métodos de fresagem e impressão 3D, apresentando possíveis vantagens clínicas em relação as dentaduras fabricadas convencionalmente. Diante disso, o objetivo dessa revisão sistemática foi avaliar e comparar, através de estudos de ensaios clínicos, próteses totais fabricadas pelo método CAD/CAM com fabricadas convencionalmente, em termos de tempo clínico, manutenção, retenção, estabilidade, eficácia mastigatória, satisfação e qualidade de vida. Essa revisão sistemática seguiu os Itens de Relatório Preferenciais para Revisões Sistemáticas e Meta-Análises (PRISMA) e foi registrada no Registro Prospectivo Internacional de Revisões Sistemáticas (PROSPERO) (CRD42022296907). A busca eletrônica foi realizada nas bases de dados PubMed/MEDLINE, Web of Science e Scopus até dezembro de 2021. A questão formulada para população, intervenção, comparação e resultado (PICO) foi “Pacientes reabilitados com próteses totais com tecnologia CAD/CAM apresentam parâmetros clínicos semelhantes aos pacientes reabilitados com próteses totais convencionais?”. Essa revisão sistemática incluiu 10 estudos, no qual um estudo foi ensaio clínico randomizado (RCT) e os outros foram estudos prospectivos, apresentando um total de 189 pacientes. As próteses do método de fresagem apresentam melhor desempenho clínico que as próteses convencionais, em termos de qualidade de vida, satisfação, retenção, estabilidade, tempo clínico e custo, enquanto que as de impressão 3D não apresentaram diferenças. Ambos os métodos do CAD/CAM apresentaram não haver diferenças da eficácia mastigatória em relação as próteses convencionais.

**Palavras-chave:** Prótese Dentária. Bases de Dentadura. PMMA. Revisão Sistemática.

---

<sup>§</sup> Este capítulo está apresentado em formato de artigo e de acordo com as normas do periódico “Clinical Oral Investigations” – Qualis A1 – Fator de Impacto: 3.573 – Anexo C

## 4.2 Abstract

CAD / CAM technology allows the manufacture of total prostheses through milling and 3D printing methods, presenting possible clinical advantages in relation to the conventionally manufactured dentures. In view of this, the objective of this systematic review was to evaluate and compare, through clinical trials, total prostheses manufactured by the CAD/CAM method with conventionally manufactured, in terms of clinical time, maintenance, retention, stability, masticatory efficacy, satisfaction and quality of life. This systematic review followed the preferred report items for systematic reviews and meta-analyzes (PRISMA) and was recorded in the international prospective registry of systematic revisions (PROSPERO) (CRD420222296907). Electronic search was performed on the databases Pubmed/MEDLINE, Web of Science and Scopus until December 2021. The question formulated for population, intervention, comparison and result (PICO) was "patients rehabilitated with total prostheses with CAD/CAM technology present Clinical parameters similar to patients rehabilitated with conventional total prostheses? ". This systematic review included 10 studies, in which a study was randomized clinical trial (RCT) and others were prospective studies, presenting a total of 189 patients. Milling method prostheses present better clinical performance than conventional prostheses, in terms of quality of life, satisfaction, retention, stability, clinical time and cost, while 3D printing showed no differences. Both CAD/CAM methods showed no differences in masticatory effectiveness in relation to conventional prostheses.

**Keywords:** Dental prosthesis. Denture Bases. PMMA. Systematic Review.

## 4.3 Introdução

A fabricação das próteses totais sofreu poucas alterações nos últimos anos [1], sendo tradicionalmente fabricadas através de métodos de impressões intraorais das áreas de suporte da dentadura e de registros oclusais fornecidos por meio de planos de cera [2]. Este método de fabricação consiste em múltiplas etapas que requerem de 4 a 5 consultas e podem chegar a totalizar 20 procedimentos, o que aumentaria chances de erros na produção [3]. No entanto, a fabricação das próteses totais através da tecnologia de desenho auxiliado por computador/fabricação auxiliada por computador (CAD/CAM) ganhou popularidade recentemente, objetivando reduzir o tempo clínico em apenas duas consultas [1,4].



A tecnologia CAD/CAM foi introduzida na odontologia apresentando várias aplicações, permitindo fabricação de moldes digitais por meio de escaneamento, planejamentos com programas de software específicos, construção de protótipos e fabricação de peças de vários materiais de forma automatizada e rápida [5]. Embora a utilização dessa tecnologia para fabricação das próteses totais esteja em fase inicial, várias vantagens já são apresentadas, como: (1) redução do número de consultas; (2) maior precisão e menores ajustes; (3) menor porosidade, o que, conseqüentemente, reduz a adesão de microrganismos na superfície da prótese e aumenta a resistência mecânica; (4) armazenamento dos dados de moldagens que podem ser reutilizados convenientemente [6-8].

Essa tecnologia permite a fabricação de próteses totais através do método subtrativo (fresagem de blocos pré-fabricados) utilizando uma fresadora e pelo método aditivo (prototipagem rápida) utilizando uma impressora 3D [4]. O método subtrativo utiliza de blocos de resina acrílica de polimetilmetacrilato (PMMA) que foram polimerizadas e condensadas por injeção sob alta pressão e calor [9]. Os blocos exibem propriedades mecânicas e físicas aprimoradas em comparação com materiais de PMMA processados convencionalmente [9,10]. O método aditivo surgiu mais recentemente, utilizando de resina acrílica líquida que é depositada em camadas e, simultaneamente, fotopolimerizadas por luz ultravioleta [4]. O uso da impressão 3D objetiva reduzir o desperdício de material e, assim, ser mais barato que a fresagem [11,12].

Estudos clínicos [13,14] têm sido conduzidos para avaliar as possíveis vantagens das dentaduras fabricadas pelo método CAD/CAM em relação as convencionais, diante dos benefícios clínicos e relatos dos pacientes, no entanto, faltam revisões sistemáticas. Diante disso, o objetivo dessa revisão sistemática foi avaliar e comparar, através de estudos de ensaios clínicos, próteses totais fabricadas pelo método CAD/CAM com fabricadas convencionalmente, em termos de tempo clínico, manutenção, retenção, estabilidade, eficácia mastigatória, satisfação e qualidade de vida. A hipótese nula foi que diferenças não seriam encontradas entre as próteses totais CAD/CAM e as próteses totais convencionais.

#### **4.4 Material e Método**

Essa revisão sistemática foi conduzida com a lista de verificação dos Itens de Relatório Preferidos para Revisões Sistemáticas e Meta-análises (PRISMA) [15] de acordo com algumas revisões sistemáticas da literatura [16,17]. Além disso, a revisão foi registrada

no Registro Prospectivo Internacional de Revisões Sistemáticas (PROSPERO) com o número de registro CRD42022296907.

Uma questão de população, intervenção, controle e resultado (PICO) foi formulada: “Pacientes reabilitados com próteses totais com tecnologia CAD/CAM apresentam parâmetros clínicos semelhantes aos pacientes reabilitados com próteses totais convencionais?”. A população foi composta por pacientes totalmente edêntulos. A intervenção utilizada foram as dentaduras confeccionadas pela tecnologia CAD/CAM. A comparação consistiu nas dentaduras confeccionadas pelo método convencional. O desfecho primário avaliado foram qualidade de vida e satisfação dos pacientes.

Os estudos elegíveis para essa revisão sistemática foram ensaios clínicos randomizados (RCTs) e ensaios clínicos prospectivos (PCT), com pelo menos 10 pacientes reabilitados com dentaduras confeccionadas pelo método CAD/CAM comparando com as confeccionadas convencionalmente. Os critérios de exclusão foram relatos de caso, estudos retrospectivos, estudos in vitro, revisões e estudos com uma intervenção, mas sem um grupo de controle.

Uma pesquisa bibliográfica foi realizada nas bases de dados PubMed/MEDLINE, Web of Science e Scopus, por dois revisores independentes (V.A.A.B. e C.A.A.L.) para obter artigos publicados até dezembro de 2021, sem restrição de idioma ou data de publicação. Um conjunto de termos de pesquisa foi desenhado para cada base de dados. O conjunto completo dos termos usados nas bases de dados são descritos na Tabela 1. Nenhum filtro e/ou limite dos bancos de dados foram usados nas pesquisas. Além disso, pesquisas manuais foram realizadas na lista de referências dos artigos incluídos e na literatura não revisada por pares, utilizando o banco de dado ProQuest (<https://proquest.libguides.com/>).

Após a busca sistemática da literatura, todas as citações identificadas foram carregadas no gerenciador de referência Rayyan QCRI (<https://rayyan.ai/>) e as duplicatas foram removidas. Os títulos e resumos foram avaliados por dois revisores independentes (V.A.A.B., C.A.A.L.) para seleção dos artigos e aplicação dos critérios de elegibilidade. Quando os dois primeiros pesquisadores discordaram, um terceiro pesquisador (E.P.P.) foi consultado e a concordância foi obtida por meio de reunião de consenso.

O texto completo dos estudos potencialmente elegíveis foi recuperado e avaliado em detalhes por dois revisores independentes. Um autor (V.A.A.B.) foi responsável por extrair dados dos artigos incluídos (qualitativos ou quantitativos) e um segundo autor (J.M.L.G.)

revisou todas as informações coletadas. Os dados coletados dos artigos selecionados consistiram em informações sobre o autor, ano do estudo, tipo de estudo, número de pacientes, método de fabricação das próteses, marca das resinas utilizada, método avaliado pelo estudo, resultados, conclusão dos artigos e o efeito da intervenção (uso da prótese CAD/CAM) (Positivo / Negativo / Nenhum) que serão considerados para uma análise qualitativa.

O risco de viés para os estudos foi analisado por dois pesquisadores (V.A.A.B., J.P.J.O.L.). A ferramenta da colaboração Cochrane foi utilizada para avaliar o risco de viés em ensaios clínicos randomizados (RCT) [18]. Os critérios de avaliação foram preparados separadamente para diferentes domínios: geração de sequência aleatória, ocultação de alocação, mascaramento dos pacientes e avaliação de resultados, dados de resultados incompletos e outros vieses. Para cada domínio, o risco de viés foi classificado como alto, baixo ou pouco claro. A ferramenta Newcastle-Ottawa Scale (NOS) para estudos não RCT (Prospectivos) que é baseada em três componentes principais para estudos de coorte: seleção, comparabilidade e resultados [19]. De acordo com essa escala de qualidade, um máximo de nove estrelas pode ser atribuído a um estudo, e essa pontuação representa a mais alta qualidade. Cinco ou menos estrelas representam um alto risco de viés, enquanto seis ou mais estrelas foram consideradas de baixo risco de viés.

## 4.5 Resultados

A pesquisa nos bancos de dados selecionou 1067 estudos, incluindo 446 estudos no PubMed/MEDLINE, 144 estudos no Web of Science e 477 estudos no Scopus. Além disso, 26 estudos foram recuperados pela busca no ProQuest e busca manual. Todas as referências duplicadas foram excluídas, assim selecionando 606 artigos para avaliação de títulos e resumos. Após leitura detalhada dos títulos e resumos, foram selecionados 21 artigos para aplicação dos critérios de elegibilidade e exclusão, por fim 11 artigos [20-30] foram excluídos do estudo pelos motivos listados na Tabela 2. Detalhes sobre a estratégia de busca são exemplificados na Figura 1.

No total 10 estudos [31-40] publicados entre 2012 e 2021 foram incluídos para análise qualitativa nesta revisão. Srinivasan et al. [40] foi o único estudo incluído de ensaio clínico randomizado (RCT), enquanto que os outros nove estudos [31-39] são prospectivos. Dois estudos [39,40] comparam o método convencional com os dois métodos de fabricação pelo

CAD/CAM (Fresado e Impressão 3D), enquanto que outros dois [31,35] compararam apenas com o método de impressão 3D e o restante [32-34,36-38] apenas com o método fresado. Os estudos apresentaram um total de 189 pacientes reabilitados com próteses convencionais e fabricadas por CAD/CAM.

Cinco estudos [31-33,38,39] compararam a satisfação e qualidade de vida entre as próteses totais convencional e fabricadas por CAD/CAM. Em 2 estudos [32,33] a satisfação e qualidade de vida dos pacientes apresentaram significativamente melhores nas próteses CAD/CAM quando comparada as convencionais, sendo essas fabricadas pelo método de fresagem. Outros dois estudos [38,40] não apresentaram diferenças significativas, sendo que estes compararam o método de fresagem e impressão 3D com o convencional, enquanto que um estudo [31] a prótese CAD/CAM foi significativamente inferior que a convencional, sendo que este último comparou apenas o método convencional com a impressão 3D.

Cinco estudos [32-34,39,40] avaliaram a retenção e 3 estudos [31,33,40] avaliaram a estabilidade. Quanto a retenção 3 estudos [32-34] demonstraram que as próteses CAD/CAM foram significativamente mais retentivas que as próteses convencionais, sendo todas elas pelo método fresado, enquanto que os outros dois [39,40] não apresentaram diferenças significativas, no entanto as fresadas também apresentaram o melhor desempenho, tanto em relação as convencionais quanto as impressas 3D.

Cinco estudos [31,32,35-37] avaliaram o tempo clínico, sendo que apenas o estudo Inokoshi et al. [31] demonstrou que as próteses CAD/CAM tiveram maior tempo clínico que as próteses convencionais. O estudo de Srinivasan et al. [37] foi o único estudo que comparou o custo financeiro, demonstrando que as próteses produzidas pelo CAD/CAM apresentam menor custo que as convencionais.

Dois estudos [38,40] compararam a eficácia mastigatória das próteses convencionais com as CAD/CAM, apresentando que tanto o método de fresagem quanto o método de impressão 3D apresentam melhor desempenho que as convencionais, porém não houve diferenças significativas.

O efeito do uso das próteses fabricadas pelo método CAD/CAM quando comparadas ao método convencional em cinco estudos [32-35,37] foi positivo, em quatro estudos [36,38-40] foi nenhum e apenas no Inokoshi et al. [31] teve efeito negativo.

O risco de viés avaliados pela escala da Cochrane demonstrou que o estudo de Srinivasan et al. [40] apresentou seis domínios com baixo risco e um domínio com pouco claro (Tabela 4). Os estudos [31-39] avaliados pela escala Newcastle-Ottawa apresentaram baixo risco de viés, pois quatro estudos [34,35,37,38] foram avaliados com nove estrelas, outros quatro [32,33,36,39] com oito estrelas e o estudo de Inokoshi et al. [31] foi avaliado com 7 estrelas (Tabela 5).

## 4.6 Discussão

Essa revisão sistemática teve como desfecho principal avaliar e comparar os resultados clínicos das próteses totais fabricadas pelo método CAD/CAM com fabricadas convencionalmente. Diante dos resultados apresentados, essa revisão sistemática rejeita a hipótese nula, pois diferenças significativas foram encontradas, sendo a maioria delas apresentando melhor desempenho para as próteses fabricadas pelo método CAD/CAM.

Em termos de qualidade de vida e satisfação do paciente os estudos de Kattadiyil et al. [32] e AlHelal et al. [34] apresentaram preferências significativamente maiores para as próteses confeccionadas pelo método CAD/CAM, em termos de conforto, mastigação, estética e eficácia da técnica, sendo que, em ambos, as próteses convencionais foram comparadas apenas com o método fresado. Apesar de tais resultados, o estudo de Kattadiyil et al. [32] relatou problemas com as próteses fresadas, como presença de abertura oclusal anterior, exigindo a substituição da prótese, e conseqüentemente demandando maior tempo clínico. Esse problema foi identificado pelo método de fabricação da prótese, no qual primeiro foi confeccionado a base da prótese e depois os dentes foram posicionados e colados na base, sendo esta uma etapa sujeita à erros [32].

Uma adaptação íntima da superfície da base da prótese total no tecido de sustentação é importante para um tratamento bem-sucedido, o que influencia diretamente na retenção e estabilidade [6]. Nessa revisão os estudos apresentaram melhor desempenho das próteses CAD/CAM, especificamente para as fresadas. Esse achado corrobora com os relatos de Yoon et al. [28] que as próteses fabricadas pelo método CAD/CAM apresentam melhor adaptação aos tecidos da crista maxilar e do palato duro, além de não pressionarem o centro do palato, assim como no rebordo residual do arco mandibular, contribuindo para uma maior retenção. O estudo de AlRumaih et al. [41] relatou que as próteses fresadas reduziram significativamente

a retenção com o uso de adesivos, sendo atribuído a precisão dessas próteses que dependem de um íntimo contato com o tecido para maior fixação.

A redução do tempo clínico é apresentada como uma das maiores vantagens do uso do fluxo digital na fabricação das próteses totais [1,4]. Nesta revisão sistemática a maioria dos estudos confirmaram essa teoria, sendo que o estudo de Kattadiyil et al. [32] demonstrou que as próteses convencionais levaram em média 205 minutos a mais que as próteses CAD/CAM. Outro fator importante é o custo financeiro que também é influenciado ao número de consultas, sendo um parâmetro crítico para a aplicabilidade do tratamento [37]. O estudo de Srinivasan et al. [37] foi o único encontrado avaliando o custo do tratamento, no qual avaliaram taxas clínicas, materiais clínicos, custos laboratoriais e mão de obra, resultando em menor custo financeiro para as próteses CAD/CAM. No entanto, vale ressaltar que o estudo foi realizado na Suíça, assim os dados apresentados podem sofrer variações de custo em outros países.

A eficácia mastigatória foi avaliada pelos estudos de Wei et al. [38] e Srinivasan et al. [40] no qual os dois estudos apresentaram não haver diferenças entre as próteses convencionais e as fabricadas pelo método CAD/CAM. A eficácia mastigatória está diretamente ligada a neuroplasticidade que o paciente sofre logo após a instalação de uma nova prótese, no qual varia de paciente para paciente e muitas vezes diminui com a idade e morbidade [42]. Os resultados apresentados podem ter sido influenciados pelo tempo de avaliação dos estudos que foi realizado uma semana após a instalação.

Essa revisão sistemática apresenta algumas limitações, como o pequeno número de estudos clínicos publicados sobre o assunto, assim como a falta de randomização dos pacientes e cegamento dos pesquisadores e pacientes nos estudos incluídos. Além disso, não foi possível a realização da meta-análise devido a dados específicos não disponibilizados nos artigos. Estudos clínicos randomizados duplo-cegos abordando períodos de acompanhamento mais longos são necessários para comparar as diferenças entre as técnicas, principalmente para maior esclarecimento do desempenho clínico das dentaduras de impressão 3D.

## **4.7 Conclusão**

Com base nos resultados dessa revisão sistemática de estudos clínicos, as seguintes conclusões foram tiradas:

1. As próteses CAD/CAD fabricadas pelo método de fresagem apresentam melhor desempenho clínico que as próteses convencionais, em termos de qualidade de vida, satisfação, retenção, estabilidade, tempo clínico e custo.

2. As próteses CAD/CAD fabricadas pelo método de Impressão 3D não apresentaram diferenças de desempenhos clínicos em relação as próteses convencionais.

3. As próteses CAD/CAD fabricadas por ambos métodos apresentaram não haver diferenças da eficácia mastigatória em relação as próteses convencionais.

## 4.8 Referências

1. Bidra AS, Taylor TD, Agar JR (2013) Computer-aided technology for fabricating complete dentures: Historical background, current status and future perspectives. *J Prosthet Dent* 109:361-366. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(13\)60318-2](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(13)60318-2)
2. Srinivasan M, Schimmel M, Leles C, McKenna G (2020) Managing edentate older adults. *Prim Dent J*.;9(3):29-33. <https://doi.org/10.1177/2050168420943410>
3. Douglass CW, Shih A, Ostry L (2002) Will there be a need for complete dentures in the United States in 2020. *J Prosthet Dent* 87:5–8. <https://doi.org/10.1067/mpr.2002.121203>
4. van Noort R (2012) The future of dental devices is digital. *Dent Mater* 28:3-12. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2011.10.014>
5. Tapie L, Lebon N, Mawussi B, Fron Chabouis H, Duret F, Attal JP (2015) Understanding dental CAD/CAM for restorations--the digital workflow from a mechanical engineering viewpoint. *Int J Comput Dent* 18:21-44.
6. Steinmassl O, Dumfahrt H, Grunert I, Steinmassl PA (2018) CAD/CAM produces dentures with improved fit. *Clin Oral Investig* 22:2829-2835. <https://doi.org/10.1007/s00784-018-2369-2>
7. Wimmer T, Gallus K, Eichberger M, Stawarczyk B (2016) Complete denture fabrication supported by CAD/CAM. *J Prosthet Dent* 115:541-546. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2015.10.016>

8. Matsuda T, Goto T, Yagi K, Kashiwabara T, Ichikawa T (2016) Part-digitizing system of impression and interocclusal record for complete denture fabrication. *J Prosthodont* 25:503-509. <https://doi.org/10.1111/jopr.12375>.
9. Al-Dwairi ZN, Tahboub KY, Baba NZ, Goodacre CJ, Özcan M (2019) A comparison of the surface properties of CAD/CAM and conventional polymethylmethacrylate (PMMA). *J Prosthodont* 28:452-457. <https://doi.org/10.1111/jopr.13033>
10. Al-Dwairi ZN, Tahboub KY, Baba NZ, Goodacre CJ (2020) A Comparison of the flexural and impact strengths and flexural modulus of CAD/CAM and conventional heat-cured polymethyl methacrylate (PMMA). *J Prosthodont* 29:341-349. <https://doi.org/10.1111/jopr.12926>
11. Steinmassl PA, Klaunzer F, Steinmassl O, Dumfahrt H, Grunert I (2017) Evaluation of currently available CAD/CAM denture systems. *Int J Prosthodont* 30:116–122. <https://doi.org/10.11607/ijp.503>
12. Prpić V, Schauerl Z, Čatić A, Dulčić N, Čimić S (2020) Comparison of mechanical properties of 3D-Printed, CAD/CAM, and conventional denture base materials. *J Prosthodont* 29:524-528. <https://doi.org/10.1111/jopr.13175>
13. Meneghetti P, Moura GF, Tavelli L, Li J, Siqueira R, Wang HL, Mendonça G (2021) A fully digital approach for implant fixed complete dentures: a case report. *J Esthet Restor Dent* 33:1070-1076. <https://doi.org/10.1111/jerd.12798>
14. Jurado CA, Tsujimoto A, Alhotan A, Villalobos-Tinoco J, AlShabib A (2020) Digitally fabricated immediate complete dentures: case reports of milled and printed dentures. *Int J Prosthodont* 33:232-241. <https://doi.org/10.11607/ijp.6305>
15. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, Shamseer L, Tetzlaff JM, Akl EA, Brennan SE, Chou R, Glanville J, Grimshaw JM, Hróbjartsson A, Lalu MM, Li T, Loder EW, Mayo-Wilson E, McDonald S, McGuinness LA, Stewart LA, Thomas J, Tricco AC, Welch VA, Whiting P, Moher D (2021) The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *Syst Rev* 10:89. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
16. Bento VAA, Gomes JML, Lemos CAA, Limirio JPJO, Rosa CDDRD, Pellizzer EP (2021) Prevalence of proximal contact loss between implant-supported prostheses and



- adjacent natural teeth: a systematic review and meta-analysis. *J Prosthet Dent* S0022-3913(21)00333-4. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2021.05.025>
17. de Oliveira Limírio JPJ, Lemos CAA, de Luna Gomes JM, Minatel L, Alves Rezende MCR, Pellizzer EP (2020) A clinical comparison of 1-piece versus 2-piece implants: a systematic review and meta-analysis. *J Prosthet Dent* 124:439-445. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2019.08.002>
18. Guyatt G, Oxman AD, Akl EA, Kunz R, Vist G, Brozek J, Norris S, Falck-Ytter Y, Glasziou P, DeBeer H, Jaeschke R, Rind D, Meerpohl J, Dahm P, Schünemann HJ (2011) GRADE guidelines: 1. Introduction-GRADE evidence profiles and summary of findings tables. *J Clin Epidemiol* 64:383-394. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2010.04.026>
19. Wells, B Shea, D O'Connell, J Peterson, V Welch, M Losos, P Tugwell (2019) The Newcastle-Ottawa Scale (NOS) for assessing the quality of nonrandomised studies in meta-analyses. [http://www.ohri.ca/programs/clinical\\_epidemiology/oxford.asp](http://www.ohri.ca/programs/clinical_epidemiology/oxford.asp) Accessed 26 June 2021
20. Jung S, Park C, Yang HS, Lim HP, Yun KD, Ying Z, Park SW (2019) Comparison of different impression techniques for edentulous jaws using three-dimensional analysis. *J Adv Prosthodont* 11:179-186. <https://doi.org/10.4047/jap.2019.11.3.179>
21. Tasaka A, Matsunaga S, Odaka K, Ishizaki K, Ueda T, Abe S, Yoshinari M, Yamashita S, Sakurai K (2019) Accuracy and retention of denture base fabricated by heat curing and additive manufacturing. *J Prosthodont Res* 63:85-89. <https://doi.org/10.1016/j.jpor.2018.08.007>
22. Abd El Galil EG, Mohamed SL, Rizk FN, Sabet ME (2021) Evaluation of two computer-aided design software on the adaptation of digitally constructed maxillary complete denture. *J Indian Prosthodont Soc* 21:383-390. [https://doi.org/10.4103/jips.jips\\_137\\_21](https://doi.org/10.4103/jips.jips_137_21)
23. Stein BE, Yoon HI, Mattie H, Lee SJ (2021) Quantitative analysis of the selective pressure impression technique using CAD-CAM technology: a pilot clinical study. *J Prosthet Dent* S0022-3913(21)00197-9. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2021.03.026>
24. Matsuda T, Kurahashi K, Maeda N, Goto T, Ichikawa T (2020) Geometric assessment of imaging methods for complete denture form: comparisons among cone-beam

- computed tomography, desktop dental scanning, and handheld optical scanning. *J Prosthodont Res* 64:485-489. <https://doi.org/10.1016/j.jpor.2020.01.003>
25. Schlenz MA, Schmidt A, Wöstmann B, Rehmann P (2019) Clinical performance of computer-engineered complete dentures: a retrospective pilot study. *Quintessence Int* 50:706-711. [10.3290/j.qi.a42778](https://doi.org/10.3290/j.qi.a42778)
26. Lo Russo L, Guida L, Zhurakivska K, Troiano G, Chochlidakis K, Ercoli C (2021) Intaglio surface trueness of milled and 3D-printed digital maxillary and mandibular dentures: a clinical study. *J Prosthet Dent* S0022-3913(21)00262-6. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2021.05.003>
27. Yoshidome K, Torii M, Kawamura N, Shimpo H, Ohkubo C (2021) Trueness and fitting accuracy of maxillary 3D printed complete dentures. *J Prosthodont Res* 65:559-564. [https://doi.org/10.2186/jpr.JPR\\_D\\_20\\_00240](https://doi.org/10.2186/jpr.JPR_D_20_00240)
28. Yoon SN, Oh KC, Lee SJ, Han JS, Yoon HI (2020) Tissue surface adaptation of CAD-CAM maxillary and mandibular complete denture bases manufactured by digital light processing: a clinical study. *J Prosthet Dent* 124:682-689. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2019.11.007>
29. Lo Russo L, Caradonna G, Troiano G, Salamini A, Guida L, Ciavarella D (2020) Three-dimensional differences between intraoral scans and conventional impressions of edentulous jaws: a clinical study. *J Prosthet Dent* 123:264-268. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2019.04.004>
30. John AV, Abraham G, Alias A (2019) Two-visit CAD/CAM milled dentures in the rehabilitation of edentulous arches: a case series. *J Indian Prosthodont Soc* 19:88-92. [https://doi.org/10.4103/jips.jips\\_252\\_18](https://doi.org/10.4103/jips.jips_252_18)
31. Inokoshi M, Kanazawa M, Minakuchi S (2012) Evaluation of a complete denture trial method applying rapid prototyping. *Dent Mater J* 31:40-46. <https://doi.org/10.4012/dmj.2011-113>
32. Kattadiyil MT, Jekki R, Goodacre CJ, Baba NZ (2015) Comparison of treatment outcomes in digital and conventional complete removable dental prosthesis fabrications in a predoctoral setting. *J Prosthet Dent* 114:818-825. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2015.08.001>

33. Bidra AS, Farrell K, Burnham D, Dhingra A, Taylor TD, Kuo CL (2016) Prospective cohort pilot study of 2-visit CAD/CAM monolithic complete dentures and implant-retained overdentures: clinical and patient-centered outcomes. *J Prosthet Dent* 115:578-586.e1. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2015.10.023>
34. AlHelal A, AlRumaih HS, Kattadiyil MT, Baba NZ, Goodacre CJ (2017) Comparison of retention between maxillary milled and conventional denture bases: a clinical study. *J Prosthet Dent* 117:233-238. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2016.08.007>
35. Wei L, Chen H, Zhou YS, Sun YC, Pan SX (2017) Evaluation of production and clinical working time of computer-aided design/computer-aided manufacturing (CAD/CAM) custom trays for complete denture. *Beijing Da Xue Xue Bao Yi Xue Ban* 49:86-91.
36. Drago C, Borgert AJ (2019) Comparison of nonscheduled, postinsertion adjustment visits for complete dentures fabricated with conventional and CAD-CAM protocols: a clinical study. *J Prosthet Dent* 122:459-466. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2018.10.030>
37. Srinivasan M, Schimmel M, Naharro M, O' Neill C, McKenna G, Müller F (2019) CAD/CAM milled removable complete dentures: time and cost estimation study. *J Dent* 80:75-79. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2018.09.003>
38. Wei L, Zou D, Chen H, Pan SX, Sun YC, Zhou YS (2020) Evaluation of clinical efficacy of a kind of digital complete denture. *Beijing Da Xue Xue Bao Yi Xue Ban* 52:762-770. <https://doi.org/10.19723/j.issn.1671-167X.2020.04.031>
39. Faty MA, Sabet ME, Thabet YG (2021) A comparison of denture base retention and adaptation between CAD-CAM and conventional fabrication techniques. *Int J Prosthodont*. <https://doi.org/10.11607/ijp.7193>
40. Srinivasan M, Kalberer N, Fankhauser N, Naharro M, Maniewicz S, Müller F (2021) CAD-CAM complete removable dental prostheses: a double-blind, randomized, crossover clinical trial evaluating milled and 3D-printed dentures. *J Dent* 115:103842. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2021.103842>
41. AlRumaih HS, AlHelal A, Baba NZ, Goodacre CJ, Al-Qahtani A, Kattadiyil MT (2018) Effects of denture adhesive on the retention of milled and heat-activated

- maxillary denture bases: a clinical study. *J Prosthet Dent* 120:361-366.  
<https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2017.10.013>
42. Torres-Sánchez C, Montoya-Salazar V, Torres-Lagares D, Gutierrez-Pérez JL, Jimenez-Castellanos E (2017) Comparison of masticatory efficacy among complete denture wearers with two adhesives and dentate individuals: a randomized, crossover, double-blind clinical trial. *J Prosthet Dent* 117:614-616.  
<https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2016.09.020>

## 4.9 Tabelas

**Tabela 1** Conjunto de termos utilizado nas bases de dados

PubMed/MEDLINE	#1	(((((("Mouth, Edentulous"[Mesh]) OR ("Mouth, Edentulous")) OR ("Jaw, Edentulous"[Mesh])) OR ("Jaw, Edentulous")) OR ("Edentulous")) OR ("Edentulism")) OR ("Edentulous Jaw")) OR ("Edentulous Jaws")) OR ("Edentulous Mouth")) OR ("Edentulous Mouths")) OR ("Mouth, Toothless")) OR ("Toothless Mouth")) OR ("Complete Edentulism")) OR ("Fully Edentulous")) OR ("Completely Edentulous")
	#2	(((((("Dentures"[Mesh]) OR ("Dentures")) OR ("Denture, Complete"[Mesh])) OR ("Denture, Complete")) OR ("Denture Bases"[Mesh])) OR ("Denture Bases")) OR ("Complete Denture")) OR ("Complete Dentures")) OR ("Conventional Denture")) OR ("Conventional Dentures")) OR ("Removable Complete Denture")) OR ("Removable Complete Dentures")) OR ("Removable Denture")) OR ("Removable Dentures")
	#3	(((((("Computer-Aided Design"[Mesh]) OR ("Computer-Aided Design")) OR ("Digital Technology"[Mesh])) OR ("Digital Technology")) OR ("Digital Technologies")) OR ("CAD-CAM")) OR ("Computer-Assisted Design")) OR ("Computer-Aided Manufacturing")) OR ("Computer Aided Manufacturing")) OR ("Computer-Assisted Manufacturing")) OR ("Computer Assisted Manufacturing")) OR ("Computer-Aided Manufacture")) OR ("CAD CAM")) OR ("Milled")) OR ("Printed")) OR ("Rapid Prototyping"))
	#4	#1 AND #2 AND #3
Web of Science	#1	(((((ALL=("Mouth, Edentulous")) OR ALL=("Jaw, Edentulous")) OR ALL=("Edentulous")) OR ALL=("Edentulism")) OR ALL=("Edentulous Jaw")) OR ALL=("Edentulous Jaws")) OR ALL=("Edentulous Mouth")) OR ALL=("Edentulous Mouths")) OR ALL=("Mouth, Toothless")) OR ALL=("Toothless Mouth")) OR ALL=("Complete Edentulism")) OR ALL=("Fully Edentulous")) OR ALL=("Completely Edentulous")
	#2	(((((ALL=("Dentures")) OR ALL=("Denture, Complete")) OR ALL=("Denture Bases")) OR ALL=("Complete Denture")) OR ALL=("Complete Dentures")) OR ALL=("Conventional Denture")) OR ALL=("Conventional Dentures")) OR ALL=("Removable Complete Denture")) OR ALL=("Removable Complete Dentures")) OR ALL=("Removable Denture" "Removable Dentures")
	#3	(((((ALL=("Computer-Aided Design")) OR ALL=("Digital Technology")) OR ALL=("Digital Technologies")) OR ALL=("CAD-CAM")) OR ALL=("Computer-Assisted Design")) OR ALL=("Computer-Aided Manufacturing")) OR ALL=("Computer Aided Manufacturing")) OR ALL=("Computer-Assisted Manufacturing")) OR ALL=("Computer Assisted Manufacturing")) OR ALL=("Computer-Aided Manufacture")) OR ALL=("CAD CAM")) OR ALL=("Milled Denture")) OR ALL=("Printed Denture")) OR ALL=("Rapid Prototyping Denture")
	#4	#1 AND #2 AND #3
Scopus	#1	TITLE-ABS-KEY ( "Mouth, Edentulous" ) OR TITLE-ABS-KEY ( "Jaw, Edentulous" ) OR TITLE-ABS-KEY ( "Edentulous" ) OR TITLE-ABS-KEY ( "Edentulism" ) OR TITLE-ABS-KEY ( "Edentulous Jaw" ) OR TITLE-ABS-KEY ( "Edentulous Jaws" ) OR TITLE-ABS-KEY ( "Edentulous Mouth" ) OR TITLE-ABS-KEY ( "Edentulous Mouths" ) OR TITLE-ABS-KEY ( "Mouth, Toothless" ) OR TITLE-ABS-KEY ( "Toothless Mouth" ) OR TITLE-ABS-KEY ( "Complete Edentulism" ) OR TITLE-ABS-KEY ( "Fully Edentulous" ) OR TITLE-ABS-KEY ( "Completely Edentulous" )
	#2	TITLE-ABS-KEY ( "Dentures" ) OR TITLE-ABS-KEY ( "Denture, Complete" ) OR TITLE-ABS-KEY ( "Denture Bases" ) OR TITLE-ABS-KEY ( "Complete Denture" ) OR TITLE-ABS-KEY ( "Complete Dentures" ) OR TITLE-ABS-KEY ( "Conventional

		Denture" ) OR TITLE-ABS-KEY ( "Conventional Dentures" ) OR TITLE-ABS-KEY ( "Removable Complete Denture" ) OR TITLE-ABS-KEY ( "Removable Complete Dentures" ) OR TITLE-ABS-KEY ( "Removable Denture" ) OR TITLE-ABS-KEY ( "Removable Dentures" )
	#3	TITLE-ABS-KEY ( "Computer-Aided Design" ) OR TITLE-ABS-KEY ( "Digital Technology" ) OR TITLE-ABS-KEY ( "Digital Technologies" ) OR TITLE-ABS-KEY ( "CAD-CAM" ) OR TITLE-ABS-KEY ( "Computer-Assisted Design" ) OR TITLE-ABS-KEY ( "Computer-Aided Manufacturing" ) OR TITLE-ABS-KEY ( "Computer Aided Manufacturing" ) OR TITLE-ABS-KEY ( "Computer-Assisted Manufacturing" ) OR TITLE-ABS-KEY ( "Computer Assisted Manufacturing" ) OR TITLE-ABS-KEY ( "Computer-Aided Manufacture" ) OR TITLE-ABS-KEY ( "CAD CAM" ) OR TITLE-ABS-KEY ( "Milled Denture" ) OR TITLE-ABS-KEY ( "Printed Denture" ) OR TITLE-ABS-KEY ( "Rapid Prototyping Denture" )
	#4	#1 AND #2 AND #3

**Tabela 2** Estudos excluídos e os motivos da exclusão

<b>RAZÕES PARA EXCLUSÃO</b>	<b>REFERÊNCIAS</b>
Menos de 10 pacientes	Jung et al, 2019 <sup>20</sup> ; Stein et al, 2021 <sup>23</sup> ; Yoon et al, 2020 <sup>28</sup>
Sem grupo controle	Abd et al, 2021 <sup>22</sup> ; Matsuda et al, 2020 <sup>24</sup> ; Lo Russo et al, 2021 <sup>26</sup> ; Lo Russo et al <sup>29</sup> ; John et al, 2019 <sup>30</sup>
Estudo in vitro	Tasaka et al, 2019 <sup>21</sup> ; Yoshidome et al, 2021 <sup>27</sup>
Estudo Retrospectivo	Schlenz et al, 2019 <sup>25</sup>

**Tabela 3** Características dos estudos incluídos

Autor/Ano	Tipo do estudo	N de pacientes	Método de fabricação	Marca da resina	Método avaliado	Resultados (Média±DP)	Conclusão	Efeito das próteses CAD/CAM
<b>Inokoshi et al, 2012<sup>31</sup></b>	P	10	Convencional e Impressão 3D	NR	Estética, Estabilidade, Satisfação, e tempo clínico	Convencional: Estética: 81,2±15,4 Estabilidade: 81,9±12,7 Satisfação: 71,3±13,4 Tempo Clínico: 41,6±26,1  Impresso 3D: Estética: 29,2±24,4 Estabilidade: 73,1±18,7 Satisfação: 69,2±17,4 Tempo Clínico: 74,1±20,6	O grupo convencional apresentou estética, estabilidade e tempo clínico significativamente melhores que as próteses 3D	Negativo
<b>Kattadiyil et al, 2015<sup>32</sup></b>	P	15	Convencional e Fresado	Lucitone 199, Dentsply Sirona e Avadent, Global Dental Science.	Satisfação, Retenção e Tempo Clínico	NR	As próteses fresadas apresentaram satisfação e retenção significativamente mais altas que as convencionais, assim como menor tempo clínico	Positivo
<b>Bidra et al, 2016<sup>33</sup></b>	P	20	Convencional e Fresado	Lucitone 199, Dentsply Sirona e Avadent, Global Dental Science.	Estética, Retenção, Estabilidade, Manutenção e Satisfação	NR	Os pacientes avaliaram melhor satisfação para as próteses CAD/CAM	Positivo
<b>AlHelal et al, 2017<sup>34</sup></b>	P	20	Convencional e Fresado	Lucitone 199, Dentsply Sirona e Avadent, Global Dental Science.	Retenção	Convencional: 54,23±27,36 Fresada: 74,14±32,56	O grupo fresado demonstrou maior força retentiva do que o grupo convencional	Positivo
<b>Wei et al, 2017<sup>35</sup></b>	P	20	Convencional e Impressão 3D	NR	Tempo Clínico	Convencional: 31,1 ± 5,7 Impressão 3D: 28,6 ± 2,9	O tempo clínico das próteses impressas 3D foi significativamente menor que as próteses convencionais	Positivo
<b>Drago et al, 2019<sup>36</sup></b>	P	33	Convencional e Fresado	SR Ivocap Injection System,	Tempo Clínico e Manutenção	NR	Não houve diferenças significativas no número de	Nenhum

				Ivoclar Vivadent AG e Avadent, Global Dental Science.			visitas e tempo clínico	
<b>Srinivasan et al, 2019<sup>37</sup></b>	P	12	Convencional, Fresado e	Lucitone 199, Dentsply Sirona e Avadent, Global Dental Science.	Tempo clínico e custo financeiro	Convencional: Tempo: 644.0±54.1 Custo: 1999.26±505.39  Fresado: Tempo: 411.0±36.0 Custo: 1022.70±74.09	Os custos do tempo de atendimento clínico, laboratório e os custos gerais foram significativamente mais baixos para o protocolo de dentadura digital	Positivo
<b>Wei et al, 2020<sup>38</sup></b>	P	20	Convencional e Fresado	NR	Estabilidade, Eficácia mastigatória, Satisfação e Qualidade de vida	Convencional: Eficácia mastigatória: 1,20±0,54  Fresado: Eficácia mastigatória: 1,16±0,53	Não houve diferenças significativas entre as próteses convencional e as CAD/CAM	Nenhum
<b>Faty et al, 2021<sup>39</sup></b>	P	24	Convencional, Fresado e Impressão 3D	NR	Retenção e Adaptação	NR	As próteses dentárias fresadas demonstraram melhor retenção e adaptação do que as convencionais e impressas, no entanto não houve diferenças significativas	Nenhum
<b>Srinivasan et al, 2021<sup>40</sup></b>	RCT	15	Convencional, Fresado e Impressão 3D	Lucitone 199, Dentsply Sirona, Avadent, Global Dental Science e NextDent B.V.	Retenção, Estabilidade, Qualidade de vida, Eficácia mastigatória, Força de mordida e Manutenção	Convencional: Retenção: 4.01±1.28 Estabilidade: 4.00±1.26 Qualidade de Vida: 25,00 ± 27,50 Eficácia mastigatória: 98,67 ± 88,95  Fresado: Retenção: 4.73±0.59 Estabilidade: 4.67±0.61 Qualidade de Vida: 16,67 ± 21,88 Eficácia mastigatória:	As próteses Fresadas apresentaram melhor desempenho clínico quando comparada as convencionais e Impresso 3D, no entanto não apresentaram diferenças significativas.	Nenhum



154,70 ± 70,67

Impressão 3D:  
 Retenção: 4.27±0.70  
 Estabilidade: 4.47±0.64  
 Qualidade de Vida: 26,86  
 ± 25,04  
 Eficácia mastigatória:  
 131,23 ± 79,04

P, Prospectivo; RCT, Ensaio Clínico Randomizado; NR, Não Relatado.

**Tabela 4** Resultados da avaliação do risco de viés dos estudos baseado na escala Cochrane.

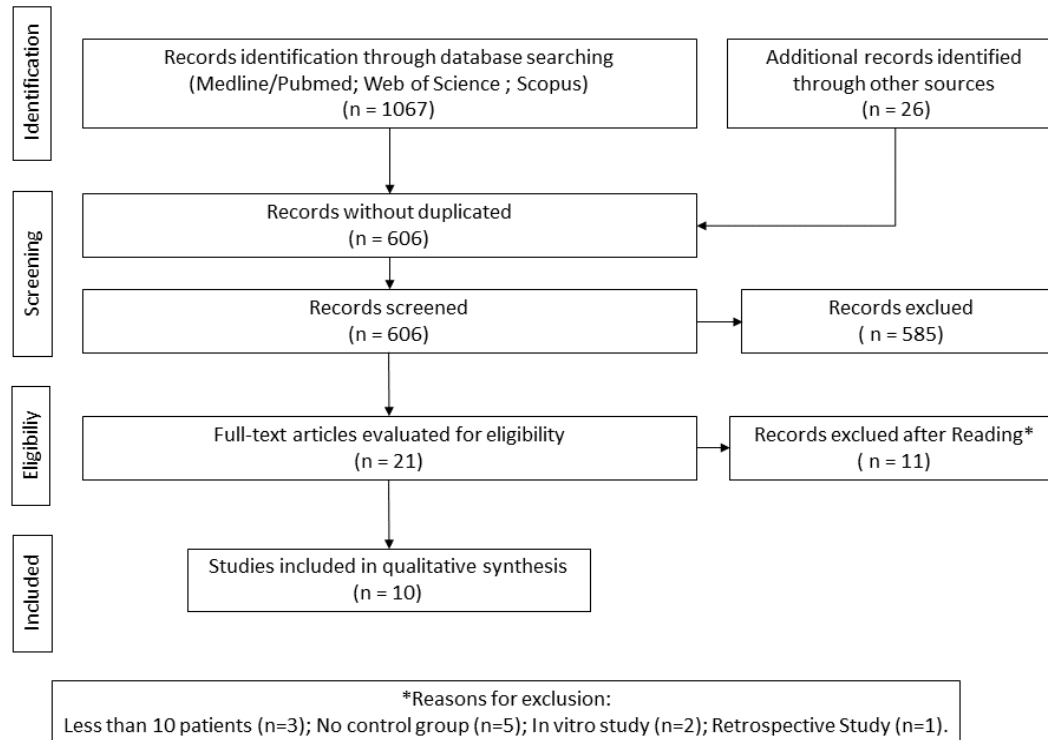
Estudo	Random sequence generation (selection bias)	Allocation concealment (selection bias)	Blinding of participants and personnel (performance bias)	Blinding of outcome assessment (detection bias)	Incomplete outcome data (attrition bias)	Selective reporting (reporting bias)	Other bias
Srinivasan et al, 2021 <sup>40</sup>	+	+	+	+	+	?	+

**Tabela 5** Resultados da avaliação do risco de viés dos estudos baseado na escala Newcastle-Ottawa.

Studies	Selection		Comparability				Outcome		Total	
	Exposed cohort	Non exposed cohort	Ascertainment of exposure	Outcome of interest was not present at start	Main factor	Additional factor	Assessment of outcome	Follow-up long enough		Adequacy of follow up
Inokoshi et al, 2012 <sup>31</sup>	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	0	0	7
Kattadiyil et al, 2015 <sup>32</sup>	☆	☆	☆	☆	☆	☆	0	☆	☆	8
Bidra et al, 2016 <sup>33</sup>	☆	☆	☆	☆	☆	☆	0	☆	☆	8
AlHelal et al, 2017 <sup>34</sup>	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	9
Wei et al, 2017 <sup>35</sup>	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	9
Drago et al, 2019 <sup>36</sup>	☆	☆	☆	☆	☆	☆	0	☆	☆	8
Srinivasan et al, 2019 <sup>37</sup>	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	9
Wei et al, 2020 <sup>38</sup>	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	9
Faty et al, 2021 <sup>39</sup>	☆	☆	☆	☆	☆	☆	0	☆	☆	8

#### 4.10 Figura

**Fig. 1** Fluxograma detalhando a estratégia de busca



## ANEXOS

### ANEXO A – NORMA DO PERIÓDICO AO QUAL SERÁ SUBMETIDO O CAPÍTULO 1

Periódico de escolha para submissão: Dental Materials

Qualis Capes: A1

Fator de Impacto: 5.304.

Normas para submissão estão disponíveis no link:

<https://www.elsevier.com/journals/dental-materials/0109-5641/guide-for-authors>



Editor: David C. Watts.

Editorial Office

## ANEXO B – NORMA DO PERIÓDICO AO QUAL SERÁ SUBMETIDO O CAPÍTULO 2

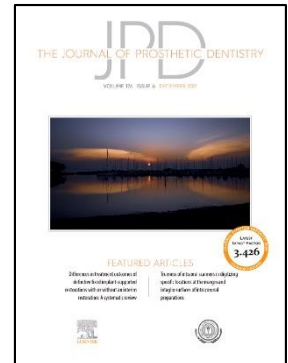
Periódico de escolha para submissão: Journal of Prosthetic Dentistry

Qualis Capes: A1

Fator de Impacto: 3.426

Normas para submissão estão disponíveis no link:

<https://www.elsevier.com/journals/journal-of-prosthetic-dentistry/0022-3913/guide-for-authors>



Editor: Stephen F. Rosenstiel, Columbus, Ohio.

Editorial Office

## **ANEXO C – NORMA DO PERIÓDICO AO QUAL SERÁ SUBMETIDO O CAPÍTULO 3**

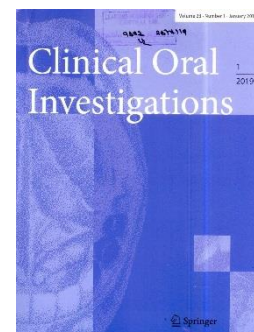
Periódico de escolha para submissão: Clinical Oral Investigations

Qualis Capes: A1

Fator de Impacto: 3.573

Normas para submissão estão disponíveis no link:

<https://www.springer.com/journal/784/submission-guidelines>



Editor: M. Hannig, Homburg/Saar, Germany; S. Ruhl, Buffalo, USA.

Editorial Office

## ANEXO D– REFÊNCIAS DA INTRODUÇÃO GERAL

1. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios: síntese de indicadores, 2015. Rio de Janeiro: IBGE; 2016.
2. Felton DA. Edentulism and comorbid factors. *J Prosthodont*. 2009;18(2):88-96.
3. Misch CE. Implantes dentais contemporâneos. 3rd ed. Rio de Janeiro: Elsevier; 2009.
4. Lima de Paula LML, Sampaio AA, Costa JG, Gomes VE, Ferreira EFE, Ferreira RC. The course from tooth loss to successful rehabilitation with denture: Feelings influenced by socioeconomic status. *SAGE Open Med*. 2019;7:2050312119874232.
5. Bitencourt SB, Dos Santos DM, da Silva EVF, Barão VAR, Rangel EC, da Cruz NC, de Souza GM, Goiato MC, Pesqueira AA. Characterisation of a new plasma-enhanced film to improve shear bond strength between zirconia and veneering ceramic. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl*. 2018;92:196-205.
6. Carlsson GE, Omar R. The future of complete dentures in oral rehabilitation. A critical review. *J Oral Rehabil*. 2010;37(2):143-56.
7. Al-Dwairi ZN, Tahboub KY, Baba NZ, Goodacre CJ, Özcan M. A Comparison of the surface properties of CAD/CAM and conventional polymethylmethacrylate (PMMA). *J Prosthodont*. 2019;28(4):452-7.
8. Lee HH, Lee CJ, Asaoka K. Correlation in the mechanical properties of acrylic denture base resins. *Dent Mater J*. 2012;31(1):157-64.
9. Babu MR, Rao CS, Ahmed ST, Bharat JS, Rao NV, Vinod V. A comparative evaluation of the dimensional accuracy of heat polymerised PMMA denture base cured by different curing cycles and clamped by R S technique and conventional method - An In-vitro study. *J Int Oral Health*. 2014;6(2):68-75.
10. Takahashi Y, Yoshida K, Shimizu H. Fracture resistance of maxillary complete dentures subjected to long-term water immersion. *Gerodontology*. 2012;29(2):e1086-91.
11. Sahin O, Ozdemir AK, Turgut M, Boztug A, Sumer Z. Investigation of flexural strength and cytotoxicity of acrylic resin copolymers by using different polymerization methods. *J Adv Prosthodont*. 2015;7(2):98-107.

12. Kimura H, Teraoka F, Ohnishi H, Saito T, Yato M. Applications of microwave for dental technique (part 1). Dough-forming and curing of acrylic resins. *J Osaka Univ Dent Sch.* 1983;23:43-9.
13. Ali IL, Yunus N, Abu-Hassan MI. Hardness, flexural strength, and flexural modulus comparisons of three differently cured denture base systems. *J Prosthodont.* 2008;17(7):545-9.
14. Gendreau L, Loewy ZG. Epidemiology and etiology of denture stomatitis. *J Prosthodont.* 2011;20(4):251-60.
15. The Academy of Denture Prosthetics. The final report of the workshop on clinical requirements of ideal denture base materials. *J Prosthet Dent.* 1968;20(2):101-5.
16. Spartalis GK, Cappelletti LK, Schoeffel AC, Michél MD, Pegoraro TA, Arrais CA, Neppelenbroek KH, Urban VM. Effect of conventional water-bath and experimental microwave polymerization cycles on the flexural properties of denture base acrylic resins. *Dent Mater J.* 2015;34(5):623-8..
17. Pellizzer EP, Mello CC, Gomes JML, Santiago Júnior JF, Lemos CAA, Verri FR. Vertical and horizontal misfit analysis of 3-unit fdp fabricated with different techniques and CAD/CAM systems. *Braz Dent J.* 2018;29(4):342-6.
18. Al-Qarni FD, Goodacre CJ, Kattadiyil MT, Baba NZ, Paravina RD. Stainability of acrylic resin materials used in CAD-CAM and conventional complete dentures. *J Prosthet Dent.* 2020;123(6):880-7.
19. Prpić V, Schauerl Z, Čatić A, Dulčić N, Čimić S. Comparison of mechanical properties of 3D-printed, CAD/CAM, and conventional denture base materials. *J Prosthodont.* 2020;29(6):524-8.
20. Aguirre BC, Chen JH, Kontogiorgos ED, Murchison DF, Nagy WW. Flexural strength of denture base acrylic resins processed by conventional and CAD-CAM methods. *J Prosthet Dent.* 2020;123(4):641-6.
21. Steinmassl PA, Klaunzer F, Steinmassl O, Dumfahrt H, Grunert I. Evaluation of currently available CAD/CAM denture systems. *Int J Prosthodont.* 2017;30(2):116-22.



22. Murakami N, Wakabayashi N, Matsushima R, Kishida A, Igarashi Y. Effect of high-pressure polymerization on mechanical properties of PMMA denture base resin. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2013;20:98-104.
23. Dayan C, Guven MC, Gencil B, Bural C. A Comparison of the Color Stability of Conventional and CAD/CAM Polymethyl Methacrylate Denture Base Materials. *Acta Stomatol Croat.* 2019;53(2):158-67.
24. Güth JF, Almeida E Silva JS, Beuer F F, Edelhoff D. Enhancing the predictability of complex rehabilitation with a removable CAD/CAM-fabricated long-term provisional prosthesis: a clinical report. *J Prosthet Dent.* 2012;107(1):1-6.
25. Berman B. 3-D printing: the new industrial revolution. *Bus Horiz.* 2012;55:155-62.
26. Jamróz W, Szafraniec J, Kurek M, Jachowicz R. 3D printing in pharmaceutical and medical applications - recent achievements and challenges. *Pharm Res.* 2018;35(9):176.
27. Kalberer N, Mehl A, Schimmel M, Müller F, Srinivasan M. CAD-CAM milled versus rapidly prototyped (3D-printed) complete dentures: An in vitro evaluation of trueness. *J Prosthet Dent.* 2019;121(4):637-43.
28. Cierech M, Wojnarowicz J, Kolenda A, Krawczyk-Balska A, Prochwicz E, Woźniak B, Łojkowski W, Mierzwińska-Nastalska E. Zinc oxide nanoparticles cytotoxicity and release from newly formed PMMA-ZnO Nanocomposites Designed for Denture Bases. *Nanomaterials.* 2019;9(9):1318.