



**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO EM ODONTOLOGIA**

FÁBIO HIDEO KAIHARA

**INFLUÊNCIA DA POSIÇÃO DE IMPRESSÃO NA ISOTROPIA DE
MATERIAIS PROVISÓRIOS PRODUZIDOS POR IMPRESSÃO 3D**

Presidente Prudente - SP
2021



**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO EM ODONTOLOGIA**

FÁBIO HIDEO KAI AHARA

**INFLUÊNCIA DA POSIÇÃO DE IMPRESSÃO NA ISOTROPIA DE
MATERIAIS PROVISÓRIOS PRODUZIDOS POR IMPRESSÃO 3D**

Dissertação apresentada à Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Faculdade de Odontologia de Presidente Prudente, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Odontologia – Área de Concentração: Clínica Odontológica.

Orientadora:
Prof^a Dr^a. Eliane Cristina Gava Pizi

Presidente Prudente - SP
2021

Catálogo na Publicação

D33
K13i

Kaiahara, Fábio Hideo

Influência da posição de impressão na isotropia de materiais provisórios produzidos por impressão 3D \ Fábio Hideo Kaiahara ; orientadora Eliane Cristina Gava Pizi. – Presidente Prudente, 2021.

27 f.: il.

Dissertação (Mestrado em Odontologia) -
Universidade do Oeste Paulista – Unoeste, Presidente
Prudente, SP, 2021.

Bibliografia.

1. Prótese parcial temporária. 2. Impressão
Tridimensional. 3. Projeto Auxiliado por Computador. 4.
Cimentos de Resina. I. Pizi, Eliane Cristina Gava, orient.
I. Título.

FÁBIO HIDEO KAI AHARA

**INFLUÊNCIA DA POSIÇÃO DE IMPRESSÃO NA ISOTROPIA DE
MATERIAIS PROVISÓRIOS PRODUZIDOS POR IMPRESSÃO 3D**

Dissertação apresentada à Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Faculdade de Odontologia de Presidente Prudente, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Odontologia – Área de Concentração: Clínica Odontológica.

Presidente Prudente, 23 de agosto de 2021.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Eliane Cristina Gava Pizzi
Universidade do Oeste Paulista – Unoeste
Presidente Prudente - SP

Prof^a. Dr^a. Fabiana Gouveia Straioto
Universidade do Oeste Paulista – Unoeste
Presidente Prudente - SP

Prof. Dr. Hugo Alberto Vidotti
Faculdade do Centro Oeste Paulista – FACOP
Bauru - SP

DEDICATÓRIA

Este trabalho é dedicado à memória do meu pai Takeshi Kaiahara, exemplo de homem que sempre me inspirou e se orgulhou de minhas conquistas, à minha esposa Juliane Kaiahara pelo apoio e compreensão e aos meus filhos Rafael e Maria Eduarda razão de minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela minha saúde e força para lutar e conquistar meus objetivos .

Agradeço aos meus pai Takeshi Kaiahara e minha mãe Marinalva Simões Kaiahara, que nunca mediram esforços para a realização dos meus sonhos.

Agradeço a minha irmã Marcia Mitiko Kaiahara e ao meu irmão Sergio Takeo Kaiahara por todo apoio e confiança em minha trajetória pessoal e profissional.

Agradeço a minha esposa Juliane Oliveira Pinto Kaiahara e aos meus filhos Rafael Pinto Kaiahara e Maria Eduarda Kaiahara por todo amor, carinho e compreensão para que esse trabalho fosse concluído.

Agradeço aos meus amigos Paulo Roberto Goldoni e Adilson Hidek Ueno "*in memoriam*" por ter me incentivado e acreditado na minha carreira como docente .

Agradeço a Universidade do Oeste Paulista, a Faculdade de Odontologia de Presidente Prudente pela excelência na minha graduação e agora, na obtenção do título de mestre.

Agradeço a minha Orientadora, professora Eliane gava Pizzi , pela motivação, paciência e por me conduzir nesta etapa da minha carreira profissional.

Agradeço a professora Fabiana Gouveia Straioto pelo incentivo e por toda ajuda que me deu durante todos esses anos e pelas considerações valiosas para a conclusão desse trabalho.

Agradeço ao professor Hugo Alberto Vidotti pela parceria e pelo auxílio na impressão dos espécimes e na etapa de análise dos resultados e execução da análise estatística para a elaboração desse trabalho.

Agradeço a Professora e diretora da Faculdade de Odontologia de Presidente Prudente Claudia de Oliveira Lima Coelho pelo incentivo

Agradeço ao Bruno técnico do laboratório de pesquisa da UNOESTE pelo apoio durante a realização desta pesquisa.

RESUMO

Influência da posição de impressão na isotropia de materiais provisórios produzidos por impressão 3D

Introdução: Por muito tempo a confecção de próteses temporárias pela técnica convencional foram utilizados como padrão ouro, devido as características mecânicas das resinas (Polimetilmetacrilato). Com os avanços tecnológicos surgiram novas formas de obtenção para as próteses temporárias, dentre elas a confecção de provisórios com resinas bisacrílicas e recentemente a fabricação de provisórios assistida por computador (CAD/CAM) que consiste em um método de impressão 3D por camadas. **Objetivo:** O presente foi avaliar a influência da orientação das camadas de impressão na propriedade mecânica (resistência a flexão) de materiais protéticos temporários. **Material e Método:** Espécimes foram confeccionados em barras: 2 x 2 x 25 mm (n=15) (ISO10477), para cada grupo de acordo com a angulação relativa à plataforma de impressão (BP0, BP45, BP90). As barras foram obtidas por meio de desenho em software de CAD (Fusion360, Autodesk) e impressas em impressora 3D DLP (BASIC PRINTER X, 3DBasic). O software formador de bandeja usado (Chitu DLP Slicer, CBD Tech) permite diferentes posições dos modelos dos subgrupos experimentais na bandeja de impressão (0, 45 e 90 graus com relação a bandeja de impressão). Essas barras foram submetidas a testes de flexão de 3 pontos em máquina de Ensaio Universal Instron e avaliados Resistência Flexural (RF) e Módulo Flexural (MF) (Kruskal-Wallis ANOVA On Ranks; alpha: 0.05). **Resultados:** A RF apresentou valores significativamente maiores para o grupo BP90 (114.71 ± 7.61 MPa), seguido do grupo BP45 (90.10 ± 8.45 Mpa) e o grupo BP0 (80.90 ± 4.01 MP) (P0.05) e o Módulo Flexural apresentando valores BP90° (3.74 ± 3.64 GPa) seguido do grupo BP45 (2.85 ± 2.70 GPa) e BP0° (2.52 ± 2.44 GPa). **Conclusão:** Os grupos apresentaram diferenças estatísticas significativas, o que evidencia o comportamento não isotrópico do material restaurador fabricado por impressão 3D, o que sugere que a escolha da angulação das impressões pode determinar a aplicabilidade de acordo com as características e função do objeto a ser impresso.

Palavras-chave: Prótese Parcial Temporária, Impressão Tridimensional, Projeto Auxiliado por Computador, Cimentos de Resina.

ABSTRACT

Influence of print position on isotropy of temporary materials produced by 3D printing

Introduction: For a long time, the manufacture of temporary prostheses by the conventional technique was used as the gold standard, due to the mechanical characteristics of resins (Polymethylmethacrylate). With technological advances, new ways of obtaining temporary prostheses have emerged, including the making of provisionals with bisacrylic resins and recently the computer-assisted fabrication of provisionals (CAD/CAM) which consists of a layered 3D printing method. **Objective:** The present study was to evaluate the influence of impression layer orientation on the mechanical property (flexural strength) of temporary prosthetic materials. **Material and Method:** Specimens were made in bars: 2 x 2 x 25 mm (n=15) (ISO10477), for each group according to the angulation relative to the printing platform (BP0, BP45, BP90). The bars were obtained by drawing in CAD software (Fusion360, Autodesk) and printed on a 3D DLP printer (BASIC PRINTER X, 3DBasic). The tray former software used (Chitu DLP Slicer, CBD Tech) allows different positions of the models of the experimental subgroups on the print tray (0, 45 and 90 degrees with respect to the print tray). These bars were subjected to 3-point bending tests in an Instron Universal Testing machine and evaluated Flexural Strength (RF) and Flexural Modulus (MF) (Kruskal-Wallis ANOVA On Ranks; alpha: 0.05). **Results:** The RF showed significantly higher values for the BP90 group (114.71 ± 7.61 MPa), followed by the BP45 group (90.10 ± 8.45 Mpa) and the BP0 group (80.90 ± 4.01 MP) (P0.05) and the Flexural Module showing values BP90° (3.74 ± 3.64 GPa) followed by the BP45 group (2.85 ± 2.70 GPa) and BP0° (2.52 ± 2.44 GPa). **Conclusion:** The groups showed significant statistical differences, which shows the non-isotropic behavior of the restorative material manufactured by 3D printing, which suggests that the choice of the angulation of the impressions can determine the applicability according to the characteristics and function of the object to be printed. .

Keywords: Temporary Partial Denture, Three-Dimensional Printing, Computer Aided Design, Resin Cement.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Amostras após finalizar o processo de impressão, para serem removidas foram previamente identificadas (vermelho P0, azul P45 e preto P90).....	14
Figura 2 - Amostras submetidas ao processo de polimerização (série de 8 exposições de 30s de polimerização).....	15
Figura 3 - Matriz metálica de 2 partes (A), unidas com auxílio de um grampo sargento tipo (B e C) usada para obtenção das amostras confeccionadas de PMMA.....	16
Figura 4 - Placas em polimetilmetacrilato (PMMA) com marcações de bolhas e realização de perfurações para auxiliar no processo de exclusão destas partes das amostras/.....	16
Figura 5 - Placas de resina acrílica confeccionadas foram fixadas na base e seccionadas em uma máquina de corte de precisão (Cortadeira Metalográfica LCD 1200 rpm) com espessura de 2 mm.....	17
Figura 6 - Máquina de ensaio mecânico Emic/Instron 23-2S configurada e para execução de teste de flexão de 3 pontos.....	18
Figura 7 - Teste 3 pontos da deflexão até a fratura do espécime..	18

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Grupos de estudo de acordo com a angulação de impressão e materiais estudados (n=15).....	15
Tabela 2 -	Dados obtidos do teste mecânico dos valores de resistência e módulo flexural (média, \pm desvio padrão) dos grupos testados (n=5).....	20

.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	PROPOSIÇÃO.....	13
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	14
3.1	Preparo dos espécimes.....	14
3.2	Ensaio de resistência à flexão e cálculo do modulo de elasticidade	17
4	RESULTADOS	20
5	DISCUSSÃO.....	21
6	CONCLUSÃO.....	24
	REFERÊNCIAS	25

1 INTRODUÇÃO

As próteses temporárias desempenham funções que são fundamentais para o sucesso de tratamentos reabilitadores. Dentre estas funções podemos citar a proteção pulpar contra os agentes químicos, biológicos, térmicos, proteção aos tecidos periodontais, restituição da estética, bem como reestabelecer a função mastigatória, permitindo a preservação dos dentes já existentes e a auto estima dos pacientes.

Por longo tempo a confecção de próteses temporárias foi realizada por meio de aplicação de técnica convencional usando resina acrílica autopolimerizável com composição a base de polimetilmetacrilato associada a molde de alginato ou silicona¹ Entretanto, esse método, possui desvantagens como tempo de fabricação, risco de fratura da prótese provisória quando usada a longo prazo, e devido alteração superficial facilidade de acúmulo de biofilme^{1,2}. Outro método para a obtenção de uma prótese temporária são as confeccionadas em ambiente laboratorial com resinas acrílicas termopolimerizáveis e modelos de gesso obtidos por meio de moldagem previa, para que a mesma ser produzida.¹ O insucesso de prótese temporárias confeccionada pelo método convencional podem ser atribuídas a distorções dos materiais da moldagem, com o material envolvido para a produção do modelo, e também pode estar associado com a utilização da técnica de forma incorreta.³⁻⁵

Novas técnicas digitais representam uma alternativa que podem ser aplicadas em diversas áreas da Odontologia inclusive para a confecção de restaurações temporárias aplicando técnica de fabricação assistida pelo computador (CAD/CAM)⁵⁻⁷. Esse método foi inserido na Odontologia em 1980⁸ e consiste na utilização de scanner intraoral para obtenção de informações da cavidade oral, com captura de riqueza e precisão de detalhes, permitindo uma aquisição de um modelo 3D possibilitando fabricação rápida e detalhada de peças protéticas.^{2,5}

A obtenção do modelo 3D é adquirida a partir da captura de imagem usando scanner intraoral. O scanner intraoral permite a obtenção de um modelo tridimensional denominado CAD (computer-aided design),⁹ e o CAM (computer-aided manufacture) permite a confecção do mesmo.¹⁰ O uso desta metodologia de aquisição de imagens apresenta vantagens como obtenção de modelo digital e

impresso na sua forma positiva, promove confecção de peças protéticas com maior rapidez, além de apresentar elevada exatidão. Entretanto, em alguns casos, essa técnica pode apresentar falhas, devido a fatores intrabucais como a presença de saliva, bem como o movimento de cabeça do paciente, além da limitação de espaço intrabucal, podem diminuir a precisão.^{3,9}

O método de impressão 3D fornece uma maneira de fabricação em camadas sobrepostas do material utilizado.^{11,12} Essas camadas podem ser imprimidas em diversos sentidos, sendo elas finas e polimerizadas por um laser ultravioleta ao final de cada processo.¹² O sentido de impressão das camadas tem influência direta na resistência do material que está sendo confeccionado.⁷

Afim de superar o insucesso da fabricação das próteses temporárias pelo método convencional, a tecnologia de fabricação assistida pelo computador (CAD/CAM), permite a automação da produção de um procedimento em uma versão digital, além de solucionar problemas encontrados no método convencional em si.¹⁰

Visto a necessidade de um tratamento reabilitador mais rápido, a tecnologia CAD/CAM tem crescido para superar as necessidades tanto do profissional quanto do paciente, oferecendo um tratamento mais ágil eficiente no planejamento.¹³

Além de diminuir o número de consultas, proporciona um arquivamento eletrônico, um baixo índice de distorções, e uma melhor exatidão e adaptação.^{14,15}

Também proporciona mais economia no sentido de desperdício de material.⁷⁻¹¹

Devido as condições citadas, nota-se a importância de estudos e pesquisas sobre a utilização do método de impressão 3D para a produção de próteses temporárias pelos cirurgiões dentistas, afim de reduzir o tempo de trabalho na confecção das próteses e garantir rápida reabilitação ao paciente. Assegurando que a utilização do método de impressão 3D garanta sucesso na longevidade, qualidade e precisão das próteses quando comparado a outros métodos de fabricação.

2 PROPOSIÇÃO

O objetivo do estudo foi avaliar a influência da orientação das camadas de impressão na propriedade mecânica (resistência a flexão) de materiais protéticos temporários.

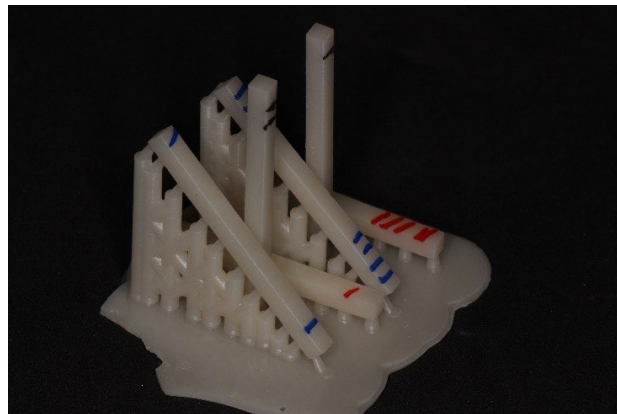
3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Preparo dos espécimes

Grupo experimental

O grupo experimental foi dividido em 3 subgrupos denominados P0, P45, P90, os quais foram confeccionadas barras nas mesmas dimensões. Os espécimes foram obtidos por meio de desenho em software de CAD (Fusion360, Autodesk). O software formador de bandeja usado (Chitu DLP Slicer, CBD Tech) permite diferentes posições dos modelos dos subgrupos experimentais na bandeja de impressão com diferentes ângulos: 0, 45 e 90 graus com relação a bandeja de impressão e a espessura de impressão foi padronizada em micrometros por camada no eixo Z. Após o desenho e angulações os espécimes foram impressos em impressora 3D DLP (BASIC PRINTER X, 3D Basic Marília - São Paulo) e para a impressão foi utilizado resina (COSMOS TEMP, Cor A1, Yllor biomateriais, Pelotas, Brasil) específica para impressão 3D de provisórios odontológicos de um único lote, após a impressão os espécimes foram removidos da base formadora, identificadas por grupo (vermelho P0, azul P45 e preto P90) (Figura 1).

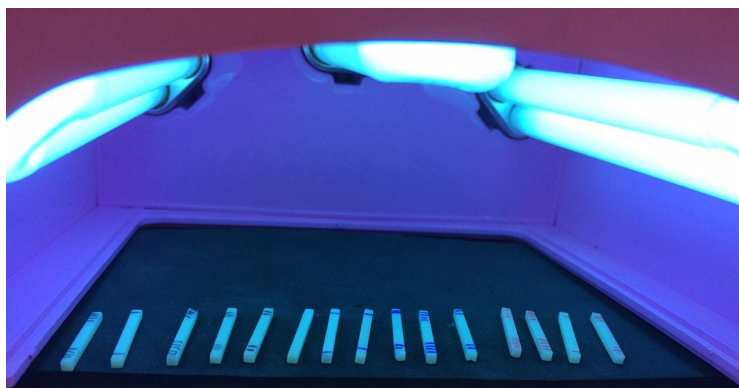
Figura 1 - Amostras após finalizar o processo de impressão, para serem removidas foram previamente identificadas (vermelho P0, azul P45 e preto P90).



Fonte: O autor.

As barras de cada grupo foram removidas das bases de suporte de impressão, medidas e identificadas para polimerização final (pós cura). Série de 8 exposições de 30s de polimerização somando 60s em cada face da barra (Figura 2) e posteriormente armazenadas em água na temperatura de 36°C por 24h, anteriormente à realização dos testes de flexão de três pontos.

Figura 2 - Amostras submetidas ao processo de polimerização (série de 8 exposições de 30s de polimerização).



Fonte: O autor.

As amostras foram divididas em 3 grupos: P0, P45 e P90 (Tabela 1). O número de 15 espécimes para cada grupo foi determinado através de estudo piloto com 10 espécimes para cada grupo.¹⁶

Tabela 1 - Grupos de estudo de acordo com a angulação de impressão e materiais estudados (n=15).

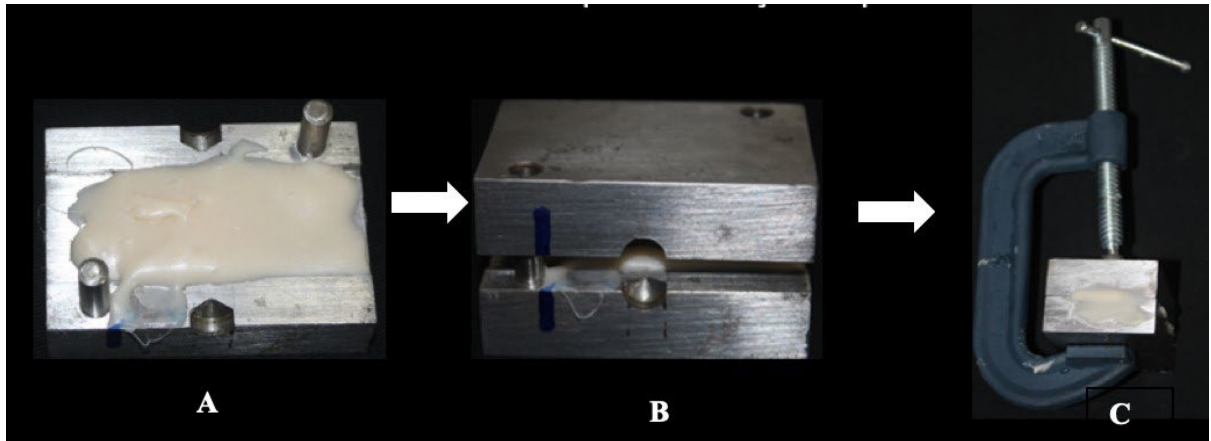
Grupos	Material	Angulação da impressão
Controle	PMMA, Duralay cor 81 – Reliance Dental MFG Co, EUA	
P0	COSMOS TEMP, Cor A1, Yller	0° grau
P45	COSMOS TEMP, Cor A1, Yller	45° graus
P90	COSMOS TEMP, Cor A1, Yller	90° graus

Grupo controle

No grupo controle foram confeccionadas barras de 2 x 2 x 25 mm (n=15) (ISO10477) em polimetilmetacrilato (PMMA) (Duralay cor 81 – Reliance Dental MFG Co, EUA, proporcionado de acordo com as orientações do fabricante (20g pó / 10ml monômero) em um pote paladon de vidro com tampa. A manipulação foi iniciada misturando-se o pó ao líquido por meio da espátula nº 36 até a resina acrílica atingir a fase plástica a qual foi inserida no centro de em uma matriz metálica de 2 partes, sendo uma plana e outra com depressão de 2 mm, e ambas foram unidas com auxílio de um grampo sargento tipo C (Figura 3). Então o conjunto foi inserido em

uma panela eliminadora de bolhas (Essence Dental VH) sob pressão de 25 libras até a polimerização final da resina, obtendo assim placas uniformes em resina acrílica.

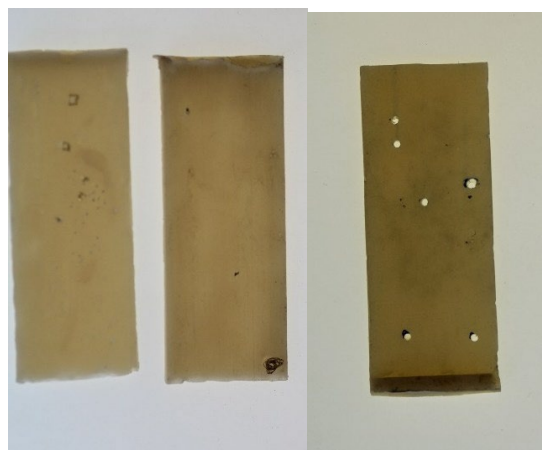
Figura 3 - Matriz metálica de 2 partes (A), unidas com auxílio de um grampo sargento tipo (B e C) usada para obtenção das amostras confeccionadas de PMMA.



Fonte: O autor.

Na sequência, as placas obtidas de resina de polimetilmetacrilato foram analisadas com auxílio de luz e realizadas marcações das bolhas presentes nas amostras, quando detectado bolhas foi realizado perfurações o que auxiliou no critério de exclusão do espécime (Figura 4)

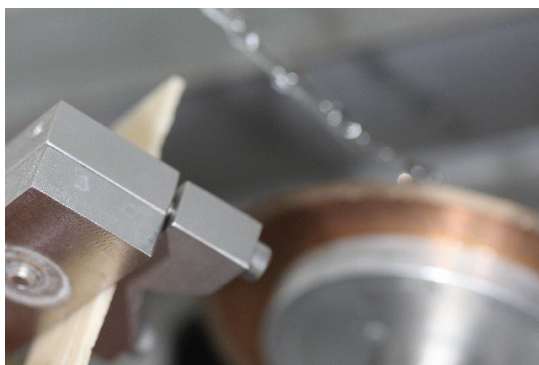
Figura 4 - Placas em polimetilmetacrilato (PMMA) com marcações de bolhas e realização de perfurações para auxiliar no processo de exclusão destas partes das amostras/



Fonte: O autor.

Na sequência, as placas confeccionadas foram fixadas na base e seccionadas em uma máquina de corte de precisão (Cortadeira Metalográfica LCD 1200rpm) com espessura de 2 mm (Figura 5). Foram preparadas 25 barras de 25 x 2 x 2 mm, obtidas das placas de resina acrílica das quais foram selecionadas 15 barras após submetidos à análise visual com uso de lupa. Como critério de exclusão serão descartadas as barras que apresentar bolhas ou imperfeições, e posteriormente lados recém-cortados das barras foram finalizados com lixas #1200 com a finalidade de padronizar a rugosidade de todas as faces e então armazenadas em água na temperatura de 36°C por 24h, anteriormente à realização dos testes de flexão de três pontos.

Figura 5 - Placas de resina acrílica confeccionadas foram fixadas na base e seccionadas em uma máquina de corte de precisão (Cortadeira Metalográfica LCD 1200 rpm) com espessura de 2 mm.



Fonte: O autor.

3.2 Ensaio de Resistência à Flexão e Cálculo do Modulo de elasticidade

Após armazenamento em água, os espécimes do subgrupo imediato foram submetidos ao teste de flexão em 3 pontos em uma máquina de ensaios mecânicos (Emic/Instron 23-2S) conectada a um computador. A distância entre os suportes inferiores foi de 20 mm e a velocidade do ensaio, de 1mm/min (Figura 6). As dimensões dos espécimes foram determinadas individualmente com um paquímetro digital. O teste de flexão de 3 pontos foi conduzido em máquina de ensaios mecânicos e foram avaliadas a resistência flexural (RF) e calculado o módulo flexural (MF). Os testes de resistência flexural foram baseados na norma ISO 10477.

(Standardization IOF. ISO 10477 Dentistry Polymer based crown and bridge materials 2004.

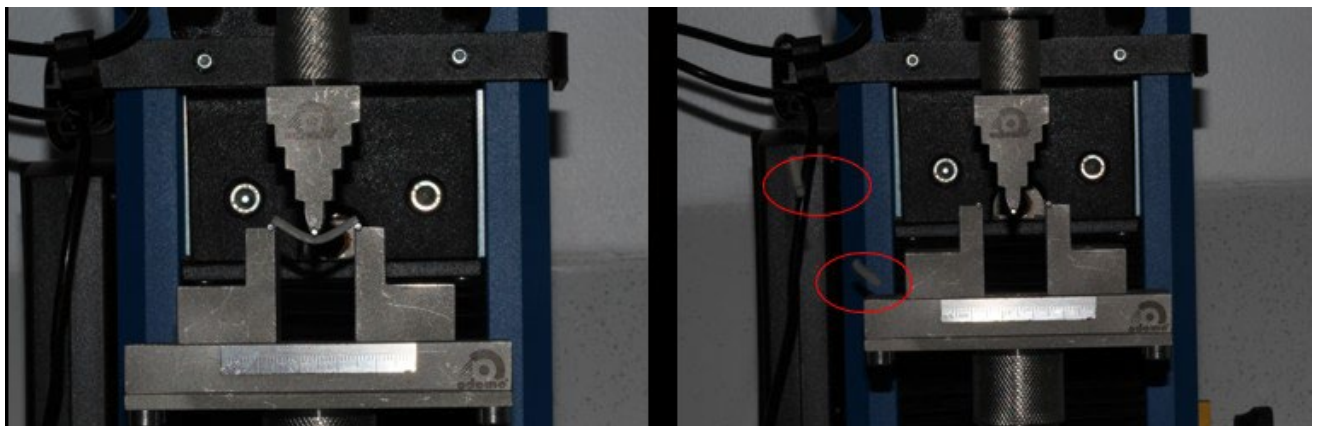
Figura 6 - Máquina de ensaio mecânico Emic/Instron 23-2S configurada e para execução de teste de flexão de 3 pontos.



Fonte: O autor.

A resistência flexural (RF) tem como unidade MPa; o módulo flexural (MF) é representado em GPa; F é a máxima força aplicada em Newtons (N); l é a distância entre os suportes inferiores; b é a largura e h é a altura do espécime (em mm); m é a inclinação da vertente da porção mais linear da curva força/deslocamento. A corresponde à área sob a curva força/deslocamento e é a energia aplicada durante a deflexão até a fratura do espécime em Joules (J), TF é o trabalho de fratura em kJ/m² (Figura 7).

Figura 7 - Teste 3 pontos da deflexão até a fratura do espécime.



Fonte: O autor.

Os dados foram submetidos à análise estatística de Variância a 2 Critérios (two-way ANOVA) e pós teste TUKEY.

4 RESULTADOS

Os resultados obtidos apontaram diferença estatística entre os grupos nos valores de resistência e módulo flexural ($p < 0,05$). A comparação revelou que o grupo P90° apresentou valores significativamente maiores de resistência flexural (114.71 ± 7.61). Assim como para o módulo flexural o grupo P90° que apresentou valores significativamente maiores. Os valores de média e desvio padrão para valores de resistência e módulo flexural estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Dados obtidos do teste mecânico dos valores de resistência e módulo flexural (média, \pm desvio padrão) dos grupos testados (n=5).

Grupos	Resistência Flexural (MPa)	Módulo Flexural (MPa)
Controle	78.13 ± 7.94^a	$2,80 \pm 2.77^a$
P 0°	80.90 ± 4.0^{ab}	$2,52 \pm 2,44^{ab}$
P45°	90.10 ± 8.45^b	$2,85 \pm 2,70^b$
P 90°	114.71 ± 7.61^c	$3,74 \pm 3.64^c$

Letras diferentes analisadas em coluna indicam diferenças estaticamente significantes entre os grupos (Anova, Pós Teste de Tukey, $p < 0,05$).

5 DISCUSSÃO

O estudo do comportamento biomecânico de materiais usados em restaurações provisórias que possam ser utilizados na rotina clínica aliados à tecnologia é fundamental para que possibilite agilidade e previsibilidade de reabilitações desde o planejamento digital até a impressão 3D de prótese temporárias. Os resultados encontrados neste estudo mostram que a angulação de impressão influenciou nos resultados mecânicos de materiais usados em próteses provisórias.

A adoção de fluxo de digital por meio de aquisição de imagens via scanner intraoral, convertidos e usados em modelos real ou virtual utilizados para confecção de restauração provisória usando uma impressora 3D elimina etapas de processamento desde a manipulação de material de moldagem, confecção de modelos de gesso e obtenção manual de prótese provisórias que são passíveis e dependentes da performance humana.^{3,5} Os métodos típicos para impressão de materiais poliméricos incluem modelagem de deposição fundida (FDM), processamento digital de luz (DLP) e estereolitografia (SLA). A impressora usada nesta pesquisa DLP pode ser usada para fabricar produtos delicados com rebaixos, como dispositivos odontológicos.¹⁷

As propriedades biomecânicas de resistência e módulo flexural (Tabela 2) apresentaram maiores valores quando a inclinação de impressão foi modificada para 45 e 90 graus quando comparada a resina acrílica. Estes dados contribuem para que este tipo de obtenção de prótese provisória possa ser considerada uma alternativa para solução do problema frequente que é a fratura de próteses provisórias especialmente quando usada em reabilitações extensas ou por longo prazo.

Entretanto, a literatura mesmo que escassa sobre o assunto propõe discussões sobre os resultados encontrados neste estudo, dados de estudos publicados apresentaram anisotropicidade em relação à direção de impressão; com relação à capacidade do material de resistir à fratura, a direção de impressão ideal para um dispositivo oclusal é vertical.¹⁸

Seria importante a avaliação de outros materiais com composições diferentes. Durante a impressão pode ser inserida áreas vazias entre as camadas de impressão relacionadas ao processo. Durante a construção, a plataforma é separada do fundo

do tanque, e uma pressão negativa é gerada o que faz com que o ar entre na resina. A exaustão dos vazios dissolvidos foi mostrado ser dependente da viscosidade da resina, diminuindo com o aumento da viscosidade, portanto, uma resina de baixa viscosidade poderia aumentar a isotropia.¹⁹

Fatores relacionados a biocompatibilidade devem ser levados em consideração na escolha do material restaurador provisório uma vez que esse permanecerá na cavidade oral durante todo o período de confecção das peças definitivas. Um estudo Park et al.¹⁷ analisou a citocompatibilidade de materiais dentários para restaurações provisórias fabricadas usando impressão 3D tipo DLP e tecnologias de autocura no que diz respeito à adesão celular, morfologia e proliferação usando fibroblastos envolvidos em células de tecido e observou o aumento da adesão celular e filopódios bem estendidos nos espécimes fabricados por impressão 3D a comparação mostrou biocompatibilidade superior de 3D espécimes impressos em comparação com resinas autopolimerizáveis.²⁰ A determinação do ângulo de impressão além de influenciar na resistência e no módulo de flexão também pode influenciar na colonização bacteriana. Segundo estudo de Shim et al.²¹ a maior proporção de *C. albicans* foi encontrada em superfícies impressas com uma orientação de 0 graus, seguido por 45 e 90 graus, com significância estatística, influenciando também na precisão da impressão, resistência à flexão e rugosidade.²²

Dentre as limitações do estudo é possível considerar o uso único de uma marca comercial de resina para impressão e as características biomecânicas por meio da análise de resistência e módulo flexural. Este estudo avaliou a angulação de impressão, entretanto, Dizon et al.²³ determinaram em seu estudo que a espessura da camada tem um impacto maior sobre a resistência do objeto do que a direção de impressão.²³

Para que se entenda as implicações clínicas do uso desses métodos de confecção de prótese também será necessário conhecer o comportamento desses materiais ao desgaste, fator importante para o uso em médio prazo é uma alta resistência ao desgaste dos materiais, a fim de manter a dimensão vertical,²⁴ estabilidade de cor e adaptação marginal.²⁰ O uso do método de impressão de próteses temporárias impacta diretamente na produtividade da rotina clínica.

Atualmente, é possível o dentista fazer o preparo para uma prótese fixa, escanear o preparo imediatamente e disponibilizar o arquivo para que o provisório seja produzido enquanto o cirurgião dentista pode atuar em outros atendimentos. Entretanto, para que ocorra o sucesso de implementação deste fluxo digital de atendimento é necessário investimento financeiro em equipamento e também em conhecimento técnico da equipe envolvida no processo.

A inclinação de impressão pode depender do tipo de material e produto final que será impresso. Baseado nos resultados encontrados pode-se propor a impressão 3D com angulação de 90 graus quando da impressão de próteses provisórias. Embora haja uma demanda crescente por essas restaurações de alta tecnologia, são necessárias informações adicionais sobre a composição química e as propriedades mecânicas desses novos materiais impressos provisórios.

6 CONCLUSÃO

Os grupos apresentaram diferenças estatísticas significativas, o que evidencia o comportamento não isotrópico do material restaurador fabricado por impressão 3D, o que sugere que a escolha da angulação das impressões pode determinar a aplicabilidade de acordo com as características e função do objeto a ser impresso.

REFERÊNCIAS

1. Fiamengui LMSP, Mendonca LM, Pegoraro LF. Fundamentos de prótese fixa. São Paulo: Artes Médicas; 2014. pp. 72-87.
2. Jeong YG, Lee WS, Lee KB. Accuracy evaluation of dental models manufactured by CAD/CAM milling method and 3D printing method. *J Adv Prosthodont*. 2018 Jun;10(3):245-51. doi: 10.4047/jap.2018.10.3.245.
3. Chilvarquer I, Neto EFD, Silva RLB, Lipiec M, Hayek JE. Escaneamento intraoral: mudança de paradigma na Odontologia contemporânea. *Protese News* 2017;4(5):526-9.
4. De Luca JU, De Luca S, De Luca PG. Uso do scanner intraoral na prática clínica. *Protese News* 2017;4(5):546-52.
5. Peñate L, Basilio J, Roig M, Mercadé M. Comparative study of interim materials for direct fixed dental prostheses and their fabrication with CAD/CAM technique. *J Prosthet Dent*. 2015 Aug;114(2):248-53. doi: 10.1016/j.prosdent.2014.12.023
6. Joo HS, Park SW, Yun KD, Lim HP. Complete-mouth rehabilitation using a 3D printing technique and the CAD/CAM double scanning method: A clinical report. *J Prosthet Dent*. 2016 Jul;116(1):3-7. doi: 10.1016/j.prosdent.2016.01.007.
7. Alharbi N, Osman R, Wismeijer D. Effects of build direction on the mechanical properties of 3D-printed complete coverage interim dental restorations. *J Prosthet Dent*. 2016 Jun;115(6):760-7. doi: 10.1016/j.prosdent.2015.12.002
8. Duret F, Preston J, Duret B. Performance of crown CAD / CAM restorations. *J Calif Dent* 1996 Sep; 24(9):64-71.
9. Costa F, Saavedra G. Tecnologia CAD/CAM na prótese dentária. *Protese News* 2017;4(5):532-6.
10. Patil M, Kambale S, Patil A, Mujawar K. Digitalization in dentistry: CAD/CAM- A Review. *Acta Scientific Dental Sciences* 2.1. 2018 Jan; 2(1):12-6.
11. Berman B. 3-D printing: The new industrial revolution. *Business Horizons*.

- 2012; 55(2):155-62.
12. Mesquita AMM, Kojima NA, Bauer Neto JB, Aihara H. The use of 3D printing process on dental prosthodontics. *Protese News* 2015; 2(1):14-24.
 13. Ahmed KE. We're Going Digital: The Current State of CAD/CAM Dentistry in Prosthodontics. *Prim Dent J*. Summer 2018;7(2):30-5. doi: 10.1177/205016841800700205.
 14. Goodacre BJ, Goodacre CJ, Baba NZ, Kattadiyil MT. Comparison of denture base adaptation between CAD/CAM and conventional fabrication techniques. *J Prosthet Dent*. 2016 Aug; 116(2):249-56. doi: 10.1016/j.prosdent.2016.02.017
 15. Janeva NM, Kovacevska G, Elencevski S, Panchevska S, Mijoska A, Lazarevska B. Advantages of CAD/CAM versus Conventional Complete Dentures - A Review. *Open Access Maced J Med Sci*. 2018 Aug 4;6(8):1498-1502. doi: 10.3889/oamjms.2018.308
 16. Vidotti HA. O papel de concentraçao de nanofibras e da composiçao da matriz resinosas propriedades flexurais de compósitos experimentais baseados em nanofibras. Bauru: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia de Bauru; 2015.
 17. Park S-M, Kim S-K, Heo S-J, Koak J-Y. Flexural Strength of 3D-Printing Resin Materials for Provisional Fixed Dental Prostheses. *Materials (Basel)*. 2020 Sep 8; 13(18):3970. doi: 10.3390/ma13183970.
 18. Väyrynen VO, Tanner J, Vallittu PK. The anisotropy of the flexural properties of an occlusal device material processed by stereolithography. *J Prosthet Dent*. 2016 Nov;116(5):811-7. doi: 10.1016/j.prosdent.2016.03.018
 19. Ligon SC, Husar B, Wutzel H, Holman R, Liska R. Strategies to reduce oxygen inhibition in photoinduced polymerization. *Chem Rev* 2013; 114(1): 557-89. doi: 10.1021/cr3005197.
 20. Ryu JE, Kim YL, Kong HJ, Chang HS, Jung JH. Marginal and internal fit of 3D printed provisional crowns according to build directions. *J Adv Prosthodont*. 2020 Aug;12(4):225-32. doi: 10.4047/jap.2020.12.4.225.
 21. Shim JS, Kim JE, Jeong SH, Choi YJ, Ryu JJ. Printing accuracy, mechanical properties, surface characteristics, and microbial adhesion of 3D-printed resins with various printing orientations. *J Prosthet Dent* 2020

- Oct;124(4):468-75. doi:10.1016/j.prosdent.2019.05.034
22. Revilla-León M, Meyers MJ, Zandinejad A, Özcan M. A review on chemical composition, mechanical properties, and manufacturing work flow of additively manufactured current polymers for interim dental restorations. *J Esthet Restor Dent* 2019 Jan; 31(1):51-7. doi: 10.1111/jerd.12438.
23. Dizon JRC, Espera Jr AH, Chen Q, Advincula RC. Mechanical characterization of 3D- printed polymers. *Addit Manuf* 2018; 20: 44-67. doi:10.1016/j.addma.2017.12.002
24. Kessler A, Reymus M, Hickel R, Kunzelmann KH. Three-body wear of 3D printed temporary materials. *Dent Mater.* 2019 Dec;35(12):1805-12. doi: 10.1016/j.dental.2019.10.005.