



**CESPU**  
INSTITUTO UNIVERSITÁRIO  
DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

# Benefício da tecnologia CAD/CAM em relação ao método convencional no fabrico de próteses fixas provisórias

Uma revisão sistemática integrativa

Maxime Roskoschny

Dissertação conducente ao **Grau de Mestre em Medicina Dentária (Ciclo Integrado)**

Gandra, maio de 2023

Maxime Roskoschny

Dissertação conducente ao **Grau de Mestre em Medicina Dentária**  
(Ciclo Integrado)

# Benefício da tecnologia CAD/CAM em relação ao método convencional no fabrico de próteses fixas provisórias

Uma revisão sistemática integrativa

Trabalho realizado sob a Orientação de  
Professora Doutora Carolina Coelho

## DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Eu, acima identificado, declaro ter atuado com absoluta integridade na elaboração deste trabalho, confirmo que em todo o trabalho conducente à sua elaboração não recorri a qualquer forma de falsificação de resultados ou à prática de plágio (ato pelo qual um indivíduo, mesmo por omissão, assume a autoria do trabalho intelectual pertencente a outrem, na sua totalidade ou em partes dele). Mais declaro que todas as frases que retirei de trabalhos anteriores pertencentes a outros autores foram referenciadas ou redigidas com novas palavras, tendo neste caso colocado a citação da fonte bibliográfica



## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer aos meus pais, que sempre me apoiaram e sem os quais eu não estaria aqui hoje. O seu apoio tem sido incondicional, tanto nos meus sucessos como nos meus fracassos, e ficar-lhes-ei eternamente grato.

Gostaria também de agradecer ao resto da minha família, aos meus avós que sempre se mostraram orgulhosos de mim e às minhas irmãs que me ajudaram a tornar-me na pessoa que sou hoje.

Agradeço aos meus colegas de quarto e amigos, Antoine, Lucas e Mathis, com quem pude crescer e divertir-me durante estes cinco anos, são os melhores amigos que se pode ter.

Agradeço aos meus amigos de França, Joris e William, que sempre me apoiaram e sem os quais eu provavelmente não estaria onde estou hoje.

Agradeço à Professora Doutora Carolina Coelho pela sua preciosa ajuda na elaboração desta dissertação. O seu envolvimento foi inestimável para a realização deste trabalho.

Por fim, gostaria de agradecer a todos os amigos que não consegui mencionar e que fizeram que estes últimos cinco anos corressesem tão bem.



## RESUMO

A utilização de uma prótese fixa provisória tem vários objetivos, como a proteção do dente subjacente, a preservação dos tecidos periodontais e a restauração da estética. Embora os métodos convencionais de fabrico cumpram estas funções há décadas, o recente aparecimento das tecnologias CAD/CAM oferece novas possibilidades, pelo que é essencial considerar as vantagens e desvantagens de cada método, de modo a determinar qual o mais adequado para cumprir estas funções.

O objetivo desta revisão sistemática integrativa foi avaliar o Benefício da tecnologia CAD/CAM em relação ao método convencional no fabrico de próteses fixas provisórias.

Foi realizada uma pesquisa bibliográfica de artigos na base de dados *PubMed*. Após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, 18 artigos foram incluídos neste estudo.

Dois métodos convencionais (PMMA e bis-acrílico) e dois métodos CAD/CAM (aditivo e subtrativo) foram incluídos neste estudo. As próteses CAD/CAM têm melhores propriedades gerais, tanto físicas (absorção de água e estabilidade de cor) como mecânicas (resistência à fratura e ao desgaste, adaptação marginal), o que as torna mais interessantes para tratamentos a longo prazo. No entanto, os métodos convencionais continuam a ser clinicamente viáveis.

Embora ambos os métodos de fabrico de próteses fixas provisórias sejam clinicamente viáveis, o método de CAD/CAM pode oferecer vantagens significativas em termos de precisão, tempo de fabrico e resistência. A escolha do método a utilizar dependerá das necessidades do paciente, das capacidades financeiras da clínica e da formação do médico dentista.

**Palavras chave:** «*Computer-Aided Design*»[Mesh]; «*Dental Stress Analysis*»[MeSH]; «*Crowns*»[Mesh]; «*Workflow*»[Mesh]; «*Dental Marginal Adaptation*»[MeSH]; «*Denture, Partial, Temporary*»[Mesh].



## ABSTRACT

The use of a temporary fixed prosthesis has several objectives, such as protecting the underlying tooth, preserving periodontal tissues and restoring aesthetics. Although conventional fabrication methods have fulfilled these functions for decades, the recent emergence of CAD/CAM technologies offers new possibilities, so it is essential to consider the advantages and disadvantages of each method in order to determine which one is best suited to fulfil these functions.

The aim of this integrative systematic review was to evaluate the Benefit of CAD/CAM technology compared to the conventional method in the manufacture of provisional fixed prostheses.

A literature search of articles was conducted in the PubMed database. After applying the inclusion and exclusion criteria, 18 articles were included in this study.

Two conventional methods (PMMA and bis-acrylic) and two CAD/CAM methods (additive and subtractive) were included in this study. CAD/CAM prostheses have better overall properties, both physical (water absorption and colour stability) and mechanical (fracture and wear resistance, marginal adaptation), which makes them more interesting for long-term treatment. However, conventional methods are still clinically viable.

Although both methods of fabrication of provisional fixed prostheses are clinically viable, the CAD/CAM method can offer significant advantages in terms of precision, manufacturing time and strength. The choice of method to be used will therefore depend on the needs of the patient, the financial capabilities of the dental office and the training of the dental professional.

**Key words:** « *Computer-Aided Design* »[Mesh]; « *Dental Stress Analysis* »[MeSH]; « *Crowns* »[Mesh]; « *Workflow* »[Mesh]; « *Dental Marginal Adaptation* »[MeSH]; « *Denture, Partial, Temporary* »[Mesh].



## ÍNDICE GERAL

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVOS E HIPÓTESES</b> .....	<b>3</b>
<b>3. MATERIAL e MÉTODO</b> .....	<b>4</b>
3.1. TIPO DE ESTUDO E CRITÉRIOS DE ELEGIBILIDADE .....	4
3.2. FONTE DE INFORMAÇÃO E ESTRATÉGIA DE PESQUISA .....	5
<b>3.3 FLUXOGRAMA DE PESQUISA BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>7</b>
<b>4. RESULTADOS</b> .....	<b>8</b>
4.1. TIPOS DE ESTUDOS .....	8
4.2. EXTRAÇÃO DE DADOS DA AMOSTRA.....	8
4.3. TABELA DE RESULTADOS.....	9
<b>5. DISCUSSÃO</b> .....	<b>23</b>
<b>5.1. EVOLUÇÃO DOS MÉTODOS UTILIZADOS NAS PRÓTESES FIXAS PROVISÓRIAS</b> .....	<b>23</b>
5.1.1. MÉTODO MANUAL PÓ/LÍQUIDO .....	23
5.1.2. RESINAS BIS-ACRÍLICAS .....	23
5.1.3. MÉTODO CAD/CAM SUBTRATIVO .....	24
5.1.4. MÉTODO CAD/CAM ADITIVO .....	25
<b>5.2. PROPRIEDADES FÍSICAS</b> .....	<b>26</b>
5.2.1. ABSORÇÃO DE ÁGUA.....	26
5.2.2. ESTABILIDADE DA COR .....	27
<b>5.3. PROPRIEDADES MECÂNICAS</b> .....	<b>28</b>
5.3.1. RESISTÊNCIA À FRATURA.....	28
5.3.2. ADAPTAÇÃO MARGINAL .....	31
5.3.3. RESISTÊNCIA AO DESGASTE.....	32
<b>5.4. FATORES QUE INFLUENCIAM O SUCESSO DA RESTAURAÇÃO PROTÉTICA</b> .....	<b>33</b>
<b>5.5 LIMITAÇÕES</b> .....	<b>34</b>
<b>6. CONCLUSÕES</b> .....	<b>34</b>
<b>7. BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>36</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: Diagrama de fluxo de estratégia de pesquisa.....	7
FIGURA 2: Distribuição dos estudos .....	8

## ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1: Critérios PICO .....	4
TABELA 2: Critérios de inclusão e exclusão .....	4
TABELA 3: Número de artigos de acordo com o termo de pesquisa .....	5
TABELA 4: Tabela dos resultados .....	9

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS E ACRÓNIMOS

CAD: *computer-aided design*

CAM: *computer-aided manufacturing*

CIE: *commission internationale de l'éclairage* (comissão internacional de iluminação)

DLP: *direct light processing* (processamento por luz direta)

DSC: *differential scanning calorimetry* (calorimetria diferencial de varrimento)

LCD: *liquid crystal display based* (ecrã de cristais líquidos)

PEMA: *polyethyl methacrylate* (polietilmetacrilato)

PMMA: *polymethylmethacrylate* (polimetacrilato de metilo)

RPEMA: polietilmetacrilato reforçado com fibra de vidro

RPMMA: polimetil metacrilato reforçado com fibra de vidro

SEM: *scanning electron microscopy* (Microscopia electrónica de varrimento)

SLA: *stereolithography*

TCML: *thermal cycling and mechanical loading* (ciclos térmicos e cargas mecânicas)

TGA: *thermal gravimetric analysis* (análise gravimétrica térmica)

## 1. INTRODUÇÃO

A prótese provisória tornou-se uma parte essencial de qualquer plano de tratamento protético, quer se trate de uma prótese fixa unitária ou de uma ponte dentária. Embora o seu papel estético seja essencial, a prótese fixa provisória desempenha muitas outras funções: protege a polpa de danos térmicos, restringe o movimento dos dentes pilares e permite avaliar se a forma da prótese apresenta uma oclusão correta<sup>1,2</sup>. A sua função estende-se também à preservação dos tecidos periodontais, permite a cicatrização dos tecidos moles e desempenha um papel importante na modelação e estética da gengiva<sup>3,4</sup>. Este tipo de prótese pode ser utilizado por um curto período de tempo (enquanto se aguarda a realização da prótese final), mas também por um período de tempo mais longo, que deve ter boas características físicas e mecânicas, a fim de satisfazer estas numerosas funções<sup>5,6</sup>.

Vários procedimentos permitem o fabrico de próteses fixas temporárias, são geralmente classificadas como diretas ("*chairside*"), indiretas-diretas (técnica « *eggshell* » ou « *veneering* ») indiretas (no laboratório)<sup>7, 8</sup>. No entanto, independentemente do método utilizado, as próteses temporárias são tradicionalmente fabricadas a partir de uma variedade de materiais, incluindo o polimetacrilato de metilo (PMMA), o polietilmetacrilato (PEMA) e a resina composta bis-acrílica<sup>9</sup>. No entanto, uma grande desvantagem destes materiais é que envolvem a autopolimerização de um pó de polímero e um monómero líquido ou pastas de resina composta em duas partes, o que pode levar a defeitos na microestrutura do material<sup>10</sup>. Como resultado, o PMMA tem propriedades mecânicas deficientes, falta de integridade marginal e pouca estabilidade de cor, e embora os materiais bis-acrílicos tenham melhores características, estes são por vezes insuficientes<sup>11,6</sup>.

Grandes progressos foram feitos no cumprimento destes novos padrões de qualidade nas últimas décadas, nomeadamente através da evolução dos sistemas de imagem e fresagem CAD/CAM<sup>12</sup>. Esta técnica de fresagem, ou fabrico subtrativo, tem a vantagem de utilizar discos ou blocos de PMMA pré-tratados<sup>1</sup>. Estes discos e blocos são produzidos com parâmetros padronizados sob alta pressão para permitir uma qualidade consistente durante a fresagem, e, devido à sua natureza altamente reticulada, têm melhor homogeneidade e resistência do que os materiais PMMA tradicionais, e por este motivo, tem melhores

propriedades mecânicas<sup>13,1</sup>. No entanto, apesar dos progressos óbvios associados a tecnologia de CAD/CAM, este método, apresenta certos defeitos como a falta de uniformidade nas superfícies internas (essencialmente as zonas axiais e oclusais) e um desperdício de material devido à fresagem<sup>14,15</sup>.

Com o objetivo de melhorar estes defeitos surgem a impressão em 3D ou fabrico aditivo como os últimos avanços na odontologia digital<sup>12</sup>.

No campo da tecnologia de impressão 3D estão classificadas em 4 categorias: impressão por extrusão, impressão por jato de tinta, laser fusão, e impressão litográfica<sup>12,14,15</sup>. Esta última tecnologia, também conhecida como "*Vat-polymerization*", que é a mais frequentemente utilizada no fabrico de dispositivos dentários<sup>16</sup>. Tem muitas vantagens tanto económicas (menos desperdício de material) como técnicas, pois permite a produção de próteses provisórias com geometria interna complexa<sup>4</sup>. Devido ao seu custo relativamente baixo (em comparação com as tecnologias de fresagem), a impressão 3D permite a muitos médicos dentista introduzir a tecnologia CAD/CAM na sua prática clínica<sup>1</sup>.

Devido a constante evolução dos materiais e das técnicas de confeção de provisórios, justifica-se a escolha deste tema, no sentido de aprofundar os conhecimentos, comparando as propriedades físicas e mecânicas das próteses provisórias fixas fabricadas por CAD/CAM e pelos métodos convencionais, de forma a beneficiar o paciente.

## 2.OBJETIVOS E HIPÓTESES

### Objetivo principal:

O objetivo desta revisão sistemática integrativa foi avaliar o "Benefício da tecnologia CAD/CAM em relação ao método convencional no fabrico de próteses fixas provisórias".

### Objetivos secundários:

- Comparar as propriedades físicas e mecânicas das próteses fixas provisórias fabricadas por CAD/CAM e métodos convencionais.
- Conhecer os vários fatores que podem influenciar estas propriedades físicas e mecânicas.

### Hipóteses de trabalho:

Hipótese 1: existem diferenças nas propriedades físicas e mecânicas das próteses provisórias, quer sejam feitas por CAD/CAM ou por métodos convencionais.

Hipótese nula: não existem diferenças nas propriedades físicas e mecânicas das próteses provisórias, quer sejam feitas por CAD/CAM ou por métodos convencionais.

### 3.MATERIAL e MÉTODO

#### 3.1. TIPO DE ESTUDO E CRITÉRIOS DE ELEGIBILIDADE

**Tipo de estudo:** Revisão sistemática integrativa.

**Critérios PICO.** A questão de pesquisa foi estruturada de acordo com a estratégia *PICO* e encontra-se na tabela 1.

*TABELA 1: Critérios PICO*

P ( <i>Population</i> )	I ( <i>intervention</i> )	C ( <i>comparison</i> )	O ( <i>Outcome</i> )
Paciente que necessita de uma prótese fixa provisória	Colocação de uma prótese fixa provisória	Comparação entre próteses fixas provisórias fabricadas por CAD/CAM e as fabricadas de forma tradicional.	O método CAD/CAM pode oferecer vantagens significativos em termos de precisão, tempo de fabrico e resistência.

Os critérios de inclusão ou exclusão estão definidos na tabela 2.

*TABELA 2: Critérios de inclusão e exclusão*

Critérios de inclusão	Critérios de exclusão
Artigos publicados nos últimos 10 anos	Artigos anteriores a 2013
Artigos na língua inglesa, portuguesa ou francesa	Artigos noutra língua que não o português, inglês ou francês
Estudos clínicos, ensaios de controlo aleatórios, estudos <i>in vitro</i>	Artigos de Revisão sistemática integrativa, Meta-análise
Artigos sobre prótese fixa provisória	Artigos que não abordam este tema
	Artigos não indexados na base de dados <i>MeSH</i>

### 3.2. FONTE DE INFORMAÇÃO E ESTRATÉGIA DE PESQUISA

Foram realizadas pesquisas na base de dados *PubMed* entre 2013 e 2023 utilizando os seguintes termos *MeSH*: « *Computer-Aided Design* »[*Mesh*]; « *Dental Stress Analysis* »[*MeSH*]; « *Crowns* »[*Mesh*]; « *Workflow* »[*Mesh*]; « *Dental Marginal Adaptation* »[*MeSH*]; « *Denture, Partial, Temporary* »[*Mesh*].

As expressões de pesquisa foram as seguintes:

- « *Computer-Aided Design* »[*Mesh*] AND (« *Crowns* »[*Mesh*] OR « *Denture, Partial, Temporary* »[*Mesh*])
- « *Computer-Aided Design* »[*Mesh*] AND « *Workflow* »[*Mesh*]
- « *Dental Marginal Adaptation* »[*MeSH*] AND (« *Crowns* »[*Mesh*] OR « *Denture, Partial, Temporary* »[*Mesh*] OR « *Computer-Aided Design* »[*Mesh*])
- « *Dental Stress Analysis* »[*MeSH*] AND (« *Computer-Aided Design* »[*Mesh*] OR « *Denture, Partial, Temporary* »[*Mesh*])

A tabela 3 apresenta o número de artigos de acordo com as diferentes expressões de pesquisa utilizadas para este trabalho.

TABELA 3: Número de artigos de acordo com o termo de pesquisa

Expressão de pesquisa	Número de artigos
« <i>Computer-Aided Design</i> »[ <i>Mesh</i> ] AND (« <i>Crowns</i> »[ <i>Mesh</i> ] OR « <i>Denture, Partial, Temporary</i> »[ <i>Mesh</i> ])	1688
« <i>Computer-Aided Design</i> »[ <i>Mesh</i> ] AND « <i>Workflow</i> »[ <i>Mesh</i> ]	368
« <i>Dental Marginal Adaptation</i> »[ <i>MeSH</i> ] AND (« <i>Crowns</i> »[ <i>Mesh</i> ] OR « <i>Denture, Partial, Temporary</i> »[ <i>Mesh</i> ] OR « <i>Computer-Aided Design</i> »[ <i>Mesh</i> ])	972
« <i>Dental Stress Analysis</i> »[ <i>MeSH</i> ] AND (« <i>Computer-Aided Design</i> »[ <i>Mesh</i> ] OR « <i>Denture, Partial, Temporary</i> »[ <i>Mesh</i> ])	836

Outras pesquisas foram realizadas sem os termos *MeSH* para a introdução e a discussão.

### 3.3 FLUXOGRAMA DE PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

A *PubMed* foi a base de dados utilizada na seleção dos artigos citados nesta revisão sistemática integrativa e inicialmente foram identificados um total de 2531 artigos. Após a remoção dos duplicados ficaram 1894 artigos. Foram selecionados 45 artigos com base no seu título e *abstract*. Após a leitura completa, foram selecionados 18 artigos. Mais 8 artigos de pesquisas sem termos *MeSH* foram adicionados para completar a informação na introdução e discussão.

Esta revisão sistemática integrativa incluiu um total de 26 artigos. (Figura 1)

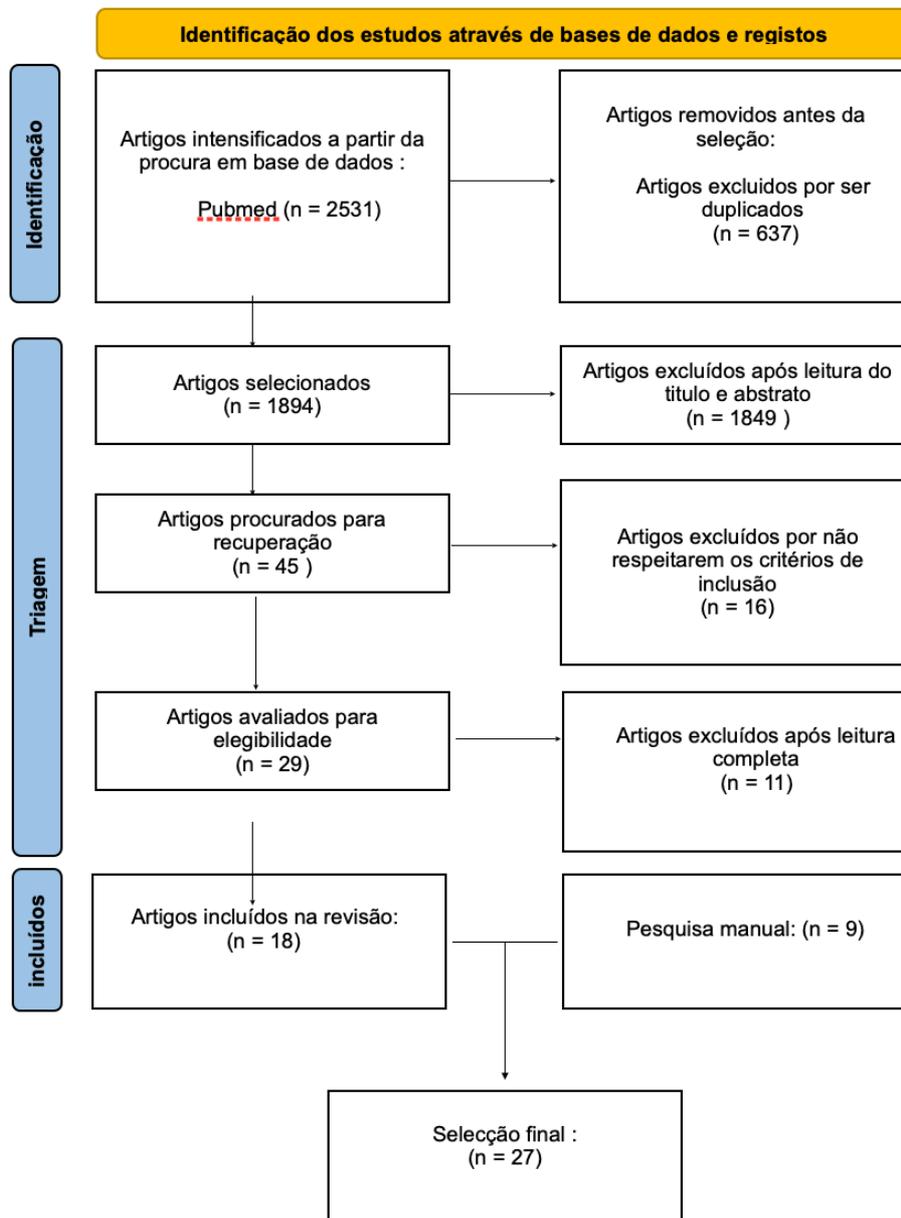


FIGURA 1: Diagrama de fluxo de estratégia de pesquisa

## 4. RESULTADOS

### 4.1. TIPOS DE ESTUDOS

Dos estudos selecionados, 16 são estudos comparativos (94.5%) e 1 estudo foi classificado como ensaio clínico aleatório (5.5%).



*FIGURA 2: Distribuição dos estudos*

### 4.2. EXTRAÇÃO DE DADOS DA AMOSTRA

Dos artigos selecionados foram recolhidas as seguintes informações: nome do autor e ano de publicação, objetivos, tipo de estudo, método utilizado, resultados e conclusões.

Os estudos incluídos nesta revisão sistemática integrativa estão sumariados na tabela de extração de dados (Tabela 4).

#### 4.3. TABELA DE RESULTADOS

TABELA 4: Tabela dos resultados

Autor/ano	Objetivos	Tipo de estudo	Método	Resultados	Conclusões
Henderson J <i>et al</i> (2021)	Comparar a resistência estrutural das próteses dentárias fixas de 3 unidades feitas de 2 materiais provisórios, fabricadas em laboratório utilizando tecnologia CAD/CAM (fresadas ou impressas em 3D), com o tradicional cartucho de cadeira autopolimerizável bis-acrílico.	Estudo comparativo	<p><u>Modelo:</u> ponte dentária de 3 elementos</p> <p><u>Método convencional direto:</u> - resina bis-acrílica autopolimerizável (3M-Paradigm®)</p> <p><u>Próteses em CAD/CAM fresadas:</u> - discos PMMA (Solid Shade®)</p> <p><u>Próteses em CAD/CAM impressas em 3D:</u> - Resina bis-acrílica (<i>Dentca Crown and Bridge resin</i>®)</p>	O PMMA fresado tinha a maior carga média de falha no tempo de armazenamento de 1 dia. O bis-acrílico impresso em 3D teve a menor carga média de falha tanto no tempo de armazenamento de 1 como de 30 dias. O PMMA fresado e o bis-acrílico tridimensional impresso diminuíram em força após o tempo de armazenamento de 30 dias, enquanto a força das próteses provisórias bis-acrílicas polymerizadas em consultório não se alterou significativamente após 30 dias de armazenamento em 100% de humidade.	Independentemente da taxa de carga utilizada, as próteses dentárias provisórias fixas de 3 unidades fabricadas a partir de PMMA fresado tinham as maiores forças iniciais, enquanto as próteses provisórias fabricadas a partir de bis-acrílico impresso em 3D ou cartucho de cadeira, autopolimerizável, tinham forças inferiores. Após 30 dias de armazenamento num ambiente húmido, as falhas de cargas do PMMA fresado e do bis-acrílico impresso em 3D diminuíram, enquanto que a falha de carga das próteses provisórias de bis-acrílico autopolimerizável no consultório não foi significativamente afetada.
Abdullah A <i>et al</i> (2018)	Comparar o ajuste marginal, ajuste interno, resistência à fratura e modo de fratura de coroas temporárias	Estudo comparativo	<p><u>Modelo:</u> coroa dentária provisória</p> <p><u>Método convencional direto:</u></p>	<p><u>Lacuna marginal média:</u> - VITA CAD-Temp® 59,97±11,1 µm, - ArtBloc®Temp 45,58±9,99 µm,</p>	As coroas temporárias fabricadas digitalmente demonstraram um ajuste superior em comparação com as coroas temporárias

	fabricadas manualmente com as de coroas fabricadas digitalmente.		<p>- Acrytemp® (Zhermack, Badia Polesine, Itália)</p> <p><u>Próteses em CAD/CAM fresadas:</u></p> <p>- VITA CAD-Temp® (VITA Zahnfabrik, H. Rauter, Bad Säckingen, Alemanha)</p> <p>- ArtBloc®Temp (Merz Dental, Lütjensburg, Alemanha)</p> <p>- PMMA DISK (YAMAHACHI DENTAL MFG, Gamagori, Japão)</p>	<p>- PMMA DISK 62,19±12,9 µm</p> <p>- Acrytemp 138,6±10,1 µm.</p> <p><u>Ajuste interno médio:</u></p> <p>- VITA CAD-Temp® 117,8±15,58 µm,</p> <p>- ArtBloc®Temp 109,27±19,21 µm,</p> <p>- PMMA DISK 123,16±23,97 µm</p> <p>- Acrytemp 140,1±26,53 µm</p> <p><u>Força média de fratura:</u></p> <p>- VITA CAD-Temp® 347±30,71 N,</p> <p>- ArtBloc®Temp 375,04±36,97 N,</p> <p>- PMMA DISK 361,52±27,76 N</p> <p>- Acrytemp® 284,9±49,07 N</p>	fabricadas diretamente e manualmente. Houve uma diferença estatisticamente significativa entre coroas temporárias fabricadas digitalmente e coroas temporárias fabricadas manualmente em termos de resistência à fratura; os materiais CAD/CAM demonstraram uma resistência superior.
Park J <i>et al</i> (2016)	Avaliar a discrepância marginal e interna de 3 tipos de próteses dentárias: um grupo experimental de próteses produzidas usando um método de fabrico aditivo com processamento digital de luz (ADL); outro grupo de próteses produzidas usando um método de fabrico subtrativo com fresagem Pekkton (SPM); e um grupo de controlo de próteses produzidas	Estudo comparativo	<p><u>Modelo:</u> coroa provisória de implante</p> <p><u>Método convencional direto:</u> - resina PMMA autopolimerizável (Jet; Lang Dental Mfg Co Inc®) (CTR)</p> <p><u>Próteses em CAD/CAM fresadas:</u></p> <p>- Pekkton milling blank (Pekkton Ivory; Cendres &amp; Metaux®) (SPM)</p> <p><u>Próteses em CAD/CAM impressas em 3D:</u></p>	O método de fabrico teve um efeito significativo nas medições das discrepâncias em cada ponto de medição. O tipo de dente teve um efeito significativo nas discrepâncias intermarginal, axiogengival e oclusal, mas não na discrepância marginal ou na discrepância axio-oclusal. Os valores para as discrepâncias marginal, axiogengival, e axio-oclusal nos grupos SPM e ADL diferiram significativamente; contudo, os valores para o grupo CTR diferiram	Dos 3 métodos utilizados, o método ADL obteve melhores resultados, seguido do método SPM e por último o método CTR. O valor médio destas discrepâncias marginais está dentro do intervalo clinicamente aceitável para os 3 métodos estudados. A discrepância oclusal média foi maior do que a discrepância intermarginal média, axiogengival e axio-oclusal. Com base na avaliação da

	usando o sistema convencional com resina termoplástica.		<p>- PMMA (E-Dent; Envision TEC®) (ADL)</p> <p>As discrepâncias foram avaliadas pela microscopia digital</p>	significativamente dos valores dos outros 2 grupos. Os grupos CTR, SPM, e ADL mostraram diferenças significativas nos valores das discrepâncias intermarginais e oclusais, mas não nos valores das discrepâncias marginais e axio-occlusais.	adequação da restauração através da análise das discrepâncias marginais e internas, as restaurações provisórias de implantes produzidas por qualquer um dos 3 métodos de fabrico são adequadas para utilização em ensaios clínicos.
Peñate L. <i>et al</i> (2015)	Comparar a adaptação marginal e as forças de fratura das próteses dentárias fixas provisórias fabricadas diretamente com as produzidas por CAD/CAM. Os objetivos secundários foram analisar o ponto de fratura destas próteses dentárias fixas intermédias e a frequência da separação dos fragmentos.	Estudo comparativo	<p><u>Modelo:</u> ponte dentária de 3 elementos</p> <p><u>Método convencional direto:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bis- acrílico (S3)</li> <li>- Bis-acrílico reforçado com fibra de vidro (S3F)</li> <li>- Polietilmetacrilato (PEMA)</li> <li>- Polietilmetacrilato reforçado com fibra de vidro (RPEMA)</li> <li>- Polimetil metacrilato (PMMA)</li> <li>- Polimetil metacrilato reforçado com fibra de vidro (RPMMA)</li> </ul> <p><u>Próteses em CAD/CAM fresadas:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Polimetilmetacrilato de metilo em blocos para CAD/CAM (TCC)</li> </ul>	<p>O ajuste marginal no grupo S3F exibiu a discrepância mais baixa.</p> <p>Quanto a <u>resistência a fratura</u>, as próteses dentárias provisórias fixas feitas de blocos de PMMA para CAD/CAM (TCC) e as próteses fixas reforçadas com fibra de vidro (S3F, RPEMA e RPMMA) resistiram a uma força maior do que as próteses dentárias provisórias sem fibra de vidro (S3, PEMA e PMMA). Além disso, o PMMA mostrou uma resistência significativamente maior do que o S3 e o PEMA. Todas as próteses dentárias provisórias fixas fraturaram em diferentes pontos. A maioria das próteses provisórias fixas reforçadas com fibra de vidro fraturou com uma percentagem inferior de</p>	<p>O material PMMA teve a maior discrepância inicial em ajuste marginal. Após 5000 ciclos, os materiais provisórios não mostraram diferenças estatisticamente significativas, embora o material bis-acrílico reforçado com fibra tenha mostrado menos discrepância do que o dos outros materiais estudados. No entanto, as restaurações provisórias sem reforço de fibra mostraram os valores mais baixos de resistência à compressão. Todos os materiais intermédios sem reforço de fibra mostraram separações de fragmentos após a fratura.</p>

				separação de fragmentos (S3F, RPEMA e RPMMA)	
Edelhoff D <i>et al</i> (2016)	Comparar a carga de fratura de próteses dentárias fixas CAD/CAM de três unidades baseadas em PMMA com aquelas fabricadas utilizando um método convencional. Além disso, foi investigado o impacto da carga térmica e mecânica num simulador de mastigação.	Estudo comparativo	<p><u>Modelo:</u> ponte dentária de 3 elementos</p> <p><u>Método convencional direto:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Protemp® 4 (PT)</li> <li>- Dentalon® Plus (DP)</li> </ul> <p><u>Próteses em CAD/CAM fresadas:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- VITA CAD-Temp® (CT)</li> <li>- Telio® CAD (TC)</li> <li>- ZENO ProFix® (ZP)</li> </ul>	O material CAD/CAM ZP (569 N) mostrou uma carga média de fratura significativamente mais elevada em comparação com o DP polimerizado convencionalmente (373 N) e o material CAD/CAM CT (397 N). Após simulação de mastigação, o ZP (556 N) apresentou uma carga média de fratura significativamente mais elevada do que a do PT polimerizado convencionalmente (356 N) e do material CAD/CAM CT (331 N).	As próteses dentárias fixas temporárias ZP CAD/CAM apresentaram os resultados de maior carga de fratura, independentemente dos métodos de envelhecimento, os materiais poliméricos CAD/CAM, tais como TC e CT, não mostraram diferenças na carga de fratura em comparação com as restaurações temporárias convencionais.
Sari T <i>et al</i> (2020)	Comparar a resistência à fratura, desgaste e rugosidade das restaurações temporárias em condições clínicas e <i>in vitro</i> .	Estudo comparativo <i>in vitro</i> e <i>in vivo</i>	<p><u>Modelo:</u> coroa dentária provisória</p> <p><u>Método convencional direto:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Auto-mistura de dois componentes bimetacrilato de cartucho (C&amp;B Plus®)</li> </ul> <p><u>Próteses em CAD/CAM fresadas:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Telio CAD®</li> </ul>	<p><u>Força de fratura:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>in vitro</i>: CAD (1196,4 ± 457,4 N) Cartucho (1246,5 ± 446,7 N)</li> <li>- <i>in vivo</i>: CAD (1358,6 ± 520,9 N) Cartucho (1598,3 ± 713,0 N)</li> </ul> <p><u>Desgaste médio:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>in vitro</i>: 200-250 µm</li> <li>- <i>in vivo</i>: 300-350 µm</li> </ul> <p><u>Rugosidade (Ra e Rz):</u> os resultados de Ra e Rz após TCML foram significativamente diferentes para ambos os materiais.</p> <p><u>Comparação SEM:</u> Os danos superficiais pareciam mais distintos para o material do cartucho. Análise DSC: as</p>	Os materiais temporários CAD/CAM e cartuchos mostraram pequenas diferenças na força de fratura, desgaste e rugosidade. O envelhecimento <i>in vivo</i> e <i>in vitro</i> levou a resultados comparáveis na avaliação SEM. Não houve diferenças significativas na força de fratura e no desgaste, mas foram encontradas diferenças na rugosidade, DSC e TGA.

				medições de base do fluxo de calor forneceram curvas DSC comparáveis para ambos os materiais. Investigação TGA: as medições indicaram uma clara perda de peso para ambos os materiais a cerca de 250 °C.	
Robaian A <i>et al</i> (2021)	Comparar a infiltração marginal de coroas provisórias fabricadas em CAD/CAM e convencionalmente fabricadas em PMMA cimentadas com diferentes cimentos de cimentação temporária.	Estudo comparativo	<p><u>Modelo:</u> coroa dentária provisória</p> <p><u>Método convencional direto:</u> - PMMA</p> <p><u>Próteses em CAD/CAM fresadas:</u> - PMMA</p> <p><u>Cimento temporário:</u> - Óxido de zinco eugenol (RelyX temp E®); - Óxido de zinco não-eugenol (RelyX temp NE®); - Cimento de poliacrilato de zinco (Pentron®)</p>	O cimento não-eugenol registou a menor micro infiltração entre ambos os tipos de coroas ( $0,3 \pm 0,5$ para coroas CAD/CAM e $0,7 \pm 0,5$ para coroas convencionais). A maior micro infiltração foi registada no cimento Poliacrilato com coroas convencionais ( $2,8 \pm 1,1$ ). Coroas feitas pela técnica convencional exibiram mais micro infiltração do que as feitas pela técnica CAD/CAM ( $1,8 \pm 1,3$ em comparação com $0,5 \pm 0,6$ ). Foi encontrada uma diferença significativa para o cimento eugenol e o cimento Poliacrilato entre ambas as técnicas.	As coroas PMMA feitas pela técnica CAD/CAM são menos propensas a uma micro infiltração do que as feitas manualmente, independentemente do tipo de cimento utilizado. Os cimentos não-eugenol de óxido de zinco mostraram a menor quantidade de micro infiltração, enquanto o poliacrilato de zinco mostrou uma micro infiltração máxima em ambos os tipos de coroas. Pode-se concluir que as coroas provisórias de PMMA feitas pela técnica CAD/CAM e cimentadas com cimento não-eugenol são mais adequadas para temporização.
Coelho C. <i>et al</i> (2021)	Avaliar o comportamento biomecânico de próteses provisórias de 4 unidades, com e sem cantiléver. Comparar a resistência a fratura de materiais para	Estudo comparativo	<p><u>Modelo:</u> ponte fixa de 4 unidades, com e sem cantiléver</p> <p><u>Método convencional direto:</u> - Bis-acrílica (Protemp® 4) - PMMA (Dentalon® Plus)</p>	A <u>resistência média à fratura para as próteses convencionais</u> foi: - VITA CAD-Temp® ( $3136 \pm 7,4$ N);	As próteses parciais fixas provisórias produzidas pela CAD/CAM tiveram maior resistência do que as fabricadas pela

	provisórios processados por método de CAD/CAM e pelo manual.		<p><u>Próteses em CAD/CAM fresadas:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- VITA CAD-Temp® (VITA Zahnfabrik, Alemanha)</li> <li>- Telio® CAD (Ivoclar Vivadent, Liechtenstein, Alemanha)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Telio® CAD (3126 ±165 N); - Dentalon® Plus (1390 ±82 N); - Bis-acrílica (1287 ±214 N).</li> </ul> <p><u>A resistência média à fratura para as próteses cantiléver foi de:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Telio® CAD (2649 ±686 N), - Protemp® 4 (1954 ±144 N), - VITA-CAD-Temp® (1634 ±152 N)</li> <li>- Dentalon® Plus (1268 ±151 N).</li> </ul> <p>Os grupos Dentalon® Plus e Protemp® 4 mostraram valores médios semelhantes de <u>deslocamento máximo</u>. VITA-CAD Temp® e Telio® CAD mostraram deslocamento máximo semelhante. Em ambas as próteses, os valores mais elevados de tensão de Von Mises, de cerca de 6 MPa a 7 MPa, foram detetados na superfície oclusal (no cantiléver) e na região dos conectores.</p>	<p>polimerização tradicional no consultório. A técnica manual é suscetível a um baixo grau de polimerização e à ocorrência de defeitos do tipo poro que poderiam afetar a resistência das próteses. A presença de um cantiléver afetou negativamente a resistência dos materiais testados, embora as próteses fabricadas por CAD/CAM ainda revelassem os valores de força compressiva mais elevados. Os valores mais altos de tensão de Von Mises foram registados na superfície oclusal e na região de transição entre os dentes protéticos. Além disso, o aumento da tensão foi notado com o desenho do cantiléver.</p>
Rayyan M. <i>et al</i> (2015)	Comparar a estabilidade da cor, absorção da água, resistência ao desgaste, dureza da superfície, resistência à fratura, e microinfiltração de coroas provisórias fabricadas com CAD/CAM com as de	Estudo comparativo	<p><u>Modelo:</u> coroa dentária provisória</p> <p><u>Método convencional direto:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Resina acrílica, Alike (GC Europe®)</li> <li>- Cartucho de 2 componentes, Acrytemp (Zhermack®)</li> </ul>	Foi observada uma alteração de cor inaceitável de espécimes fabricados manualmente, enquanto os espécimes CAD/CAM mantiveram a sua cor original. As restaurações provisórias fabricadas manualmente foram	As coroas provisórias CAD/CAM mostraram uma melhor estabilidade de cor e propriedades físicas e mecânicas em comparação com as coroas fabricadas convencionalmente. O fabrico CAD/CAM é aplicável

	coroas provisórias fabricadas convencionalmente.		<p>- Resina copolímero de acetal cristalino, DurAcetal (Myerson LLC®)</p> <p><u>Próteses em CAD/CAM fresadas:</u></p> <p>- Bloco PMMA, Cercon base (DeguDent GmbH®)</p>	<p>associadas a uma absorção de água significativamente mais elevada.</p> <p>As restaurações provisórias de CAD/CAM foram associadas a uma resistência à fratura e dureza de superfície significativamente mais elevadas.</p> <p>A deterioração da matriz de resina foi observada em todos os espécimes, mas em menor grau, nos espécimes fabricados com CAD/CAM.</p>	para restaurações clínicas provisórias a longo prazo.
Tahayeria A. <i>et al</i> (2017)	Determinar a capacidade de impressão e o desempenho <i>in vitro</i> de um material dentário imprimível em 3D atualmente comercializado para restaurações provisórias (Crown & Bridge NextDent®) utilizando uma impressora estereolitográfica 3D disponível comercialmente (FormLabs1+) de custo relativamente baixo.	Estudo comparativo	<p><u>Modelo:</u> barras de ensaio 25 x 2 x 2mm</p> <p><u>Método convencional direto:</u></p> <p>- Integrity® (Dentsply,CA) - Jet® (Lang Dental Inc., IL).</p> <p><u>Próteses em CAD/CAM impressas em 3D:</u></p> <p>- material provisório não preenchido comercialmente (NextDent C&amp;B®, Vertex Dental, Países Baixos)</p>	<p>O módulo elástico das amostras impressas em 3D era significativamente inferior ao da Integrity®, mas o mesmo que o da Jet®. O pico de tensão das amostras impressas em 3D e da Integrity® foi igualmente elevado, e maior do que o da Jet®.</p> <p>Para o grau de conversão:</p> <p>- Não houve diferença observável em grau de conversão para camadas impressas individuais (100µm) - As barras impressas em 3D pareciam ser ligeiramente mais polimerizadas no "topo" do que na "base", embora um padrão semelhante pareça estar no Jet®</p>	Tanto a orientação da impressão como a definição da cor da resina tiveram um efeito na precisão da impressão. A espessura da camada de impressão 3D não teve efeito significativo sobre as propriedades mecânicas das resinas provisórias impressas em 3D. As amostras impressas em 3D tinham um módulo elástico comparável ao do acrílico convencional Jet®, mas inferior ao da Integrity®, e maior tensão de pico do que o acrílico Jet®. O material dentário restaurador 3D imprimível comercialmente disponível e o sistema de impressão 3D

				- Todos os grupos mostraram um padrão de conversão heterogêneo, mas a Integrity® parecia apresentar uma polimerização mais homogênea do que os outros.	utilizado neste estudo apresentam propriedades mecânicas suficientes para a utilização intra-oral de restaurações provisórias, apesar da precisão limitada da impressão 3D utilizada neste estudo.
Kelvin Khng K. <i>et al</i> (2016)	Após o envelhecimento por termociclagem, avaliar a integridade marginal das coroas provisórias de Telio® CAD-CEREC® e Paradigm MZ100-E4D feitas por CAD/CAM em comparação com 2 outras coroas provisórias de PMMA fabricadas convencionalmente.	Estudo comparativo	<p><u>Modelo:</u> coroa dentária provisória</p> <p><u>Método convencional direto:</u> - Calafetagem Temporária da Coroa e Resina de Ponte (Dentsply Caulk®) - Jet® (Lang Dental®)</p> <p><u>Próteses em CAD/CAM fresadas:</u> - Telio® CAD-CEREC® - Paradigma MZ100-E4D®</p>	1 espécime do grupo Paradigm MZ100-E4D® deslocou-se durante a ciclagem térmica e foi retirado do estudo. Os componentes verticais das coroas provisórias convencionalmente fabricadas tinham uma discrepância marginal média significativamente maior do que a observada para as coroas CAD/CAM (0,17 mm versus 0,12 mm). A componente vertical média da discrepância marginal na superfície facial para as coroas feitas de resina Caulk® foi estatisticamente significativamente maior do que os outros 3 tipos de coroas. A componente horizontal média da discrepância marginal na superfície facial para as coroas Telio® CAD-CEREC® foi significativamente maior do que a dos outros 3 tipos de coroas. A penetração de	A componente vertical do ajuste marginal das coroas de PMMA convencional foi significativamente maior do que a das coroas provisórias de CAD/CAM. A profundidade de penetração do corante após termociclagem foi maior em coroas feitas de Paradigm MZ100-E4D® e foi significativamente menor em coroas feitas com Jet®. A componente vertical da discrepância marginal média era significativamente maior na superfície facial para todas as coroas, e a componente horizontal da discrepância marginal para as coroas provisórias Caulk® e Jet® era significativamente maior na superfície lingual. Existe uma relação significativa entre o tamanho da componente vertical e/ou horizontal dos espaços

				corantes para as coroas Paradigm MZ100-E4D® foi significativamente maior do que a observada para os outros 3 tipos de coroas.	marginais das coroas provisórias e a penetração do corante após a termociclagem.
Falahchai M. <i>et al</i> (2022)	Comparar a adaptação marginal e interna, e a resistência à fratura das próteses dentárias fixas provisórias de três unidades fabricadas pelos dois métodos convencional e de CAD/CAM, com técnicas de fabrico subtrativo e aditivo.	Estudo comparativo	<p><u>Modelo:</u> ponte dentária de 3 elementos</p> <p><u>Método convencional direto:</u> - autopolimerização PMMA (Tempron®; GC Co.)</p> <p><u>Próteses em CAD/CAM fresadas:</u> - blocos de resina PMMA (Ceramill TEMP light 71 L20 nm®; AmannGirrbach AG)</p> <p><u>Próteses em CAD/CAM impressas em 3D:</u> - resina oligomérica de metacrilato (NextDent C&amp;B®, Vertex Dental)</p>	A lacuna marginal e a lacuna axial nos grupos subtrativo e aditivo foram significativamente menores do que a dos grupos diretos e indiretos. Além disso, a lacuna axial no grupo subtrativo era significativamente mais baixa do que a do grupo aditivo. A resistência média à fratura no grupo aditivo foi significativamente mais elevada do que a dos grupos indireto e direto. A resistência média à fratura do grupo subtrativo foi significativamente mais elevada do que a do grupo direto.	Considerando as limitações deste estudo <i>in vitro</i> , pode concluir-se que as técnicas de fabrico aditivo e subtrativo produzem resultados mais favoráveis em termos de ajuste marginal e interno, e resistência à fratura para o fabrico de coroas provisórias de três unidades em comparação com os métodos convencionais. Além disso, entre os métodos digitais, a técnica aditiva resultou num ajuste marginal superior em comparação com a técnica subtrativa.
Karasan D. <i>et al</i> (2021)	Avaliar a precisão do fabrico aditivo através da adaptação interna e marginal de próteses dentárias fixas provisórias. Foram fabricadas utilizando duas tecnologias diferentes de fabrico aditivo,	Estudo comparativo	<p><u>Modelo:</u> ponte dentária de 3 elementos</p> <p><u>Método convencional direto:</u> - Grupo Man - Protemp 4®</p> <p><u>Próteses em CAD/CAM fresadas:</u> - Grupo Mil - Telio® CAD</p>	Os resultados do espaço marginal dos grupos FL-Sh e RS-Sh foram semelhantes aos do grupo Mil e exibiram uma adaptação marginal significativamente melhor do que os grupos FL-St, RS-St, e Man para a análise dos dentes de pilares, pré-molares e molares.	As próteses dentárias fixas provisórias de fabrico aditivo demonstraram resultados de precisão aceitáveis, semelhantes aos das fresadas. O modo de impressão, de resina e a tecnologia de impressão utilizada influenciaram a precisão de impressão dos

	empregando modos de impressão validados e não validados com resinas diferentes em comparação com as próteses dentárias fixas provisórias fabricadas pelo método CAM subtrativo e método manual direto.		<p><u>Próteses em CAD/CAM impressas em 3D:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Grupo Sh - SHERA-cb®</li> <li>- Grupo St - P Pro Crown &amp; Bridge®</li> </ul> <p><u>Tecnologia de impressão 3D:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Grupo FL - estereolitografia (SLA)</li> <li>- Grupo RS - processamento direto da luz (DLP)</li> </ul>	Os espécimes Mil e FL-Sh foram significativamente melhores na adaptação do que os espécimes Man e RS-St. As próteses dentárias fixas provisórias FL mostraram uma tendência para melhores resultados globais de adaptação 3D em comparação com as amostras RS, contudo a diferença só atingiu significado na região molar. Os espécimes Mil mostraram uma distribuição mais homogênea do espaço interno e marginal em comparação com os provisórios Man e RS-St.	provisórios, particularmente na área marginal. A utilização do modo de impressão não validado com impressoras 3D de baixo custo, pode ser uma solução interessante para aplicações clínicas.
Alam M. <i>et al</i> (2022)	Comparar a resistência à fratura de coroas provisórias anteriores fabricadas por técnicas convencionais e as fabricadas por técnicas digitais.	Estudo comparativo	<p><u>Modelo:</u> coroa dentária provisória</p> <p><u>Método convencional direto:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Grupo I: Protemp® 4 TM</li> </ul> <p><u>Próteses em CAD/CAM fresadas:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Grupo II: Polimetil metacrilato (PMMA) disco CAD</li> </ul> <p><u>Próteses em CAD/CAM impressas em 3D:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Grupo III: NextDent resina C e B®</li> </ul>	A média do Grupo I foi de 558,84597 ± 22,33 N; No Grupo II foi de 960,84272 ± 37,49 N; No Grupo III foi de 1243,17740 ± 68,18 N. O Grupo III mostrou a resistência à fratura média máxima de 1243,17N, enquanto o Grupo I mostrou a resistência à fratura mínima de 558,84N.	As coroas provisórias construídas usando a técnica de impressão 3D mostraram maior resistência à fratura seguida pela técnica CAD/CAM e técnica convencional. O fabrico aditivo de coroas provisórias utilizando a técnica de impressão 3D pode ser considerado um método fiável e conservador para a produção de restaurações provisórias mais fortes. A resistência à fratura de todos os grupos mostrou valores clinicamente

					aceitáveis sob carga mecânica.
Rosentritt M. <i>et al</i> (2017)	Investigar o desempenho <i>in vitro</i> e a resistência à fratura de um material temporário em PMMA para CAD/CAM como coroa única suportada por implantes ou por dentes no que diz respeito ao procedimento clínico	Estudo comparativo	<p>Modelo: coroa provisória de implante</p> <p><u>Próteses em CAD/CAM fresadas:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- CAD/CAM baseado em PMMA material restaurador temporário (Telio CAD®, Ivoclar Vivadent, Schaan, FL)</li> <li>- Grupo "TOOTH": as coroas foram cimentadas em dentes molares naturais preparados.</li> <li>- Grupo "TiBase": as soluções de pilar com uma interface pré-fabricada e a base adesiva de titânio foram cimentadas no laboratório dentário, resultando numa coroa de pilar híbrida temporária. O canal de acesso ao parafuso foi selado com compósito.</li> <li>- Grupo "LAB": um canal de acesso ao parafuso foi perfurado manualmente na fossa central da coroa provisória pré-fabricada. As coroas foram cimentadas no dispositivo implante-pilar. O canal de acesso ao parafuso foi selado com compósito.</li> <li>- Grupo "CHAIR": as coroas foram cimentadas diretamente</li> </ul>	Os resultados da fratura nos seis grupos diferentes variaram entre 3034.3 (Tooth-P) e 1602.9 N (Tooth-T) [TOOTH], 1510.5 (TiBase-P) e 963.6 N (TiBase-T) [TiBase], 2691.1 (LAB-P) e 2064.5 N (LAB-T) [LAB], e 1609.4 (Chair-P) e 1253.0 N (Chair-T) [CHAIR]. Foram encontrados valores de fratura significativamente diferentes entre os grupos testados. O tipo de fratura predominante foi uma fratura central da coroa com fragmentos de coroa parcialmente ligados ao pilar.	Independentemente do tipo de cimentação e dos tipos de pilares, as restaurações poliméricas CAD/CAM mostraram uma boa resistência à fadiga a médio ou mesmo longo prazo durante o TCML. Todos os grupos têm o potencial de resistir às forças máximas de mastigação na região molar. A cimentação definitiva resultou em dados de fratura mais elevados, mas mesmo a cimentação temporária forneceu dados suficientes para uma aplicação clínica.

			sobre o dispositivo implante-pilar e o excesso de material foi removido. Cada grupo foi cimentado de forma permanente (P) ou temporária (T).		
Angwarawong T. <i>et al</i> (2020)	Investigar o efeito da simulação de processos de envelhecimento na lacuna marginal das coroas provisórias feitas com diferentes materiais e métodos de fabrico.	Estudo comparativo	<p><u>Modelo:</u> coroa dentária provisória</p> <p><u>Método convencional direto:</u> - resina PMMA autopolimerizável (Unifast Trad®; produtos químicos GC) - resina bis-acrílica autopolimerizável (Protemp® 4; 3M ESPE)</p> <p><u>Próteses em CAD/CAM fresadas:</u> - bloco de resina pré-polimerizado PMMA (Brylic Solid; Sage- max Bioceramics)</p> <p><u>Próteses em CAD/CAM impressas em 3D:</u> - resina polimerizada (Freeprint Temp®; DETAX GmbH)</p>	Os resultados mostraram que tanto os tipos de materiais como os métodos de envelhecimento afetaram a lacuna marginal das coroas provisórias. Antes do envelhecimento, os valores da lacuna marginal nos grupos convencionais eram significativamente mais elevados do que os dos grupos CAD/CAM. Após o envelhecimento artificial, a análise do fosso marginal também mostrou o mesmo padrão que antes do envelhecimento. O maior aumento foi encontrado num dos grupos convencionais, enquanto o grupo impresso em 3D tinha a menor diferença média.	<p>Os tipos de materiais e o processo de envelhecimento simulado tiveram um efeito significativo sobre a lacuna marginal das restaurações provisórias.</p> <p>As coroas CAD/CAM demonstraram uma melhor adaptabilidade marginal do que as coroas convencionais, tanto antes como depois do envelhecimento artificial.</p> <p>Todos os grupos de restaurações intermédias foram significativamente afetados pelo protocolo de envelhecimento simulado.</p>
Cheng C. <i>et al</i> (2021)	Comparar os resultados clínicos de coroas unitárias provisórias fabricadas com o método convencional com os de	Ensaio clínico randomizado	<p><u>Modelo:</u> coroa dentária provisória</p> <p><u>Método convencional direto:</u> - Materiais PMMA (ALIKE; GC®)</p>	O tempo médio total de fabrico do fluxo de trabalho digital foi de 64,9 ±16,0 minutos e de 128,9 ±37,0 minutos para o grupo convencional. O tempo médio de fabrico necessário	As coroas provisórias realizadas com o processo digital resultaram num melhor ajuste e num tempo de fabrico mais curto do que o processo convencional.

	coroas fabricadas com o <i>workflow</i> digital.		<p><u>Próteses em CAD/CAM fresadas:</u></p> <p>- blocos pré-fabricados de PMMA (Disco de PMMA; Yamahachi Dental®)</p>	<p>para um médico menos experiente para uma coroa provisória utilizando o processo digital foi significativamente menor do que o necessário para um médico experiente. As coroas provisórias fabricadas com o processo digital demonstraram ser significativamente mais adequadas do que as fabricadas manualmente. As coroas provisórias digitalmente produzidas tinham melhores contactos oclusais do que as fabricadas de forma convencional.</p>	<p>Com a técnica digital, os clínicos menos experientes puderam fazer coroas provisórias com a mesma qualidade que os clínicos experientes. Com o processo convencional, os clínicos menos experientes passaram mais tempo clínico a fazer coroas provisórias com ajuste inferior do que os médicos dentistas experientes.</p>
Yilmaz B. <i>et al</i> (2017)	Investigar a carga para a fratura de poliméricos para CAD/CAM de alta densidade com um cantiléver.	Estudo comparativo	<p><u>Modelo:</u> barras de teste 8 x 7 x 30mm</p> <p><u>Método convencional direto:</u></p> <p>G1 - Imident autopolymerized acrylic resin®</p> <p>G2 - IvoBase high impact®</p> <p><u>Próteses em CAD/CAM fresadas:</u></p> <p>G3 - AnaxCADTemp EZ®</p> <p>G4 - AnaxCADTemp Plus®</p> <p>G5 - Brylic Gradient®</p> <p>G6 - Brylic Solid</p> <p>G7 - GDS Tempo-CAD</p> <p>G8 - Merz M-PM-Disc</p> <p>G9 - Polident</p> <p>G10 - Zirkozahn Temp Basic</p>	<p>As estruturas fraturadas apresentaram cargas médias que variam de 789 a 1380 N e foram considerados significativamente diferentes. Os valores médios da carga máxima de G7 e G9 foram significativamente superiores aos de todos os outros materiais e não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre G7 e G9.</p>	<p>Os valores máximos de resistência à fratura de materiais poliméricos de alta densidade CAD/CAM variaram com diferentes marcas. Os polímeros de alta densidade de G7 e G9 fraturaram nas cargas mais elevadas em comparação com outros grupos. Os valores de resistência a fratura da resina acrílica autopolimerizada foram semelhantes aos do polímero CAD/CAM BG e inferiores aos de todos os outros polímeros CAD/CAM e resina</p>

					acrílica moldada por injeção testados.
--	--	--	--	--	---

## 5. DISCUSSÃO

### 5.1. EVOLUÇÃO DOS MÉTODOS UTILIZADOS NAS PRÓTESES FIXAS PROVISÓRIAS

#### 5.1.1. MÉTODO MANUAL PÓ/LÍQUIDO

O PMMA é o material de eleição para o fabrico de próteses fixas provisórias desde há várias décadas.<sup>9</sup> É um material autopolimerizável que se apresenta geralmente sob a forma de um pó de polímero e de um líquido monómero<sup>17</sup>. Este pó e este líquido terão de ser misturados para se obter a reação de autopolimerização que confere ao material as suas diferentes propriedades. Esta forma de apresentação faz do PMMA o material mais utilizado no fabrico de próteses fixas provisórias e permite a sua utilização em diferentes contextos: a prótese provisória pode ser realizada no consultório pelo médico dentista (método direto) ou no laboratório por um protésico (método indireto)<sup>6,18</sup>. O PMMA é utilizado desde muito tempo porque tem muitas vantagens: é relativamente barato, durável, tem uma boa estética, cor estável, boa adaptação marginal e pode ser altamente polido<sup>1</sup>. No entanto, este material também apresenta várias imperfeições, tais como a geração de calor exotérmico elevado, uma quantidade elevada de monómeros residuais (que pode levar a irritação pulpar) e uma contração significativa do material durante a polimerização, o que pode levar a problemas com a adaptação da prótese<sup>9,18</sup>. Estas desvantagens fazem do PMMA um material vítreo e frágil, com uma resistência à fratura bastante baixa (1/20 da resistência dos materiais metalo-cerâmicos), o que torna difícil a sua utilização no contexto de uma prótese provisória de longa duração. Para ultrapassar estes problemas, foram feitas tentativas para tornar o PMMA mais forte, reforçando-o com fios metálicos, fibras (vidro, aramida, carbono grafite), vários óxidos (alumínio, zircónio, titânio, magnésio), bem como nanodiamantes; com resultados encorajadores ou contraditórios<sup>4,19</sup>.

#### 5.1.2. RESINAS BIS-ACRÍLICAS

As resinas bis-acrílicas (ou dimetacrilato) apareceram no mercado no final dos anos 90<sup>17</sup>. São compostas por monómeros de dimetacrilato, uma matriz e partículas de carga<sup>1,28</sup>. Estas

resinas apresentam-se sob a forma de dois cartuchos (contendo duas pastas), que devem ser misturados pelo médico dentista (ou misturados automaticamente noutros casos) para ativar a reação de polimerização<sup>8</sup>. Têm uma utilização semelhante à do PMMA e podem ser utilizadas tanto no consultório (método direto) como no laboratório (método indireto)<sup>8</sup>. As resinas de dimetacrilato são consideradas melhores do que os materiais de PMMA devido ao seu maior tamanho molecular, o que lhes confere menor volatilidade, menor contração de polimerização e cura mais rápida<sup>1</sup>. Estes materiais têm outras vantagens sobre o PMMA: têm maior resistência à abrasão, permitem uma irritação pulpar mínima e são esteticamente mais agradáveis (melhor estabilidade de cor)<sup>1,17,20</sup>. Muitas destas vantagens são possíveis devido à forma de apresentação destes materiais, que facilita a sua utilização e limita a incorporação de ar na mistura, razão pela qual as resinas bis-acrílicas são atualmente consideradas o material de eleição no fabrico de próteses fixas provisórias<sup>6</sup>. No entanto, existem ainda alguns problemas: estas resinas são caras, difíceis de reparar, têm baixa resistência à deformação e só podem ser minimamente polidas<sup>1,20</sup>.

Além disso, devido ao seu fabrico a partir de monómeros de dimetacrilato, as resinas compostas bis-acrílicas têm um elevado grau de reticulação e tendem a ser mais frágeis do que os materiais de PMMA à base de monometacrilato, que são compostos por moléculas lineares de cadeia longa com baixa reticulação intermolecular<sup>17</sup>.

### 5.1.3. MÉTODO CAD/CAM SUBTRATIVO

O sistema CAD/CAM foi desenvolvido em 1980 com o objetivo de simplificar o fabrico de próteses provisórias fixas e de reduzir o tempo de fabrico no consultório<sup>6</sup>. Este sistema é geralmente constituído por um *scanner* ótico, *software* CAD e equipamento de fabrico<sup>20</sup>. A maioria dos sistemas CAD/CAM utiliza uma máquina de fresagem para produzir coroas provisórias. Esta técnica envolve a utilização de brocas de fresagem especialmente concebidas para cortar blocos ou discos de resina com a forma de uma coroa dentária<sup>15</sup>. Estes blocos ou discos de resina são fabricados em condições industriais normalizadas, a alta pressão e alta temperatura, o que reduz os erros que podem ser cometidos com os materiais tradicionais (dosagem, mistura, incorporação de ar)<sup>1,21</sup>. Isto aumenta a taxa de conversão e reduz a quantidade de monómero residual, mas também proporciona melhores propriedades mecânicas, reduz a descoloração da prótese e aumenta a precisão da prótese

(essencial para tratamentos mais complexos)<sup>21,22</sup>. Outra vantagem deste sistema é a utilização do *scanner* ótico: a impressão digital assim produzida permite visualizar a prótese antes do seu fabrico e armazenar o modelo num ficheiro digital<sup>20</sup>. No entanto, este método continua a ser imperfeito. A amplitude de movimento e o tamanho das brocas de fresagem são fatores limitantes, dificultando a obtenção de superfícies uniformes, e o próprio princípio da fresagem leva a um desperdício de material<sup>14,15</sup>. É também importante ter em conta o custo adicional da aquisição de um *scanner* intra-oral e equipamento associado e a curva de aprendizagem da nova tecnologia<sup>26</sup>. Apesar destas falhas, o PMMA de CAD/CAM tem maior resistência à flexão do que as resinas convencionais PMMA e bis-acrílico, tornando-o um material de eleição para o fabrico de próteses fixas provisórias de longa duração<sup>2</sup>.

#### 5.1.4. MÉTODO CAD/CAM ADITIVO

O fabrico aditivo (FA) é, sem dúvida, uma das tecnologias de crescimento mais rápido com grande potencial no âmbito da prótese dentária<sup>16</sup>. O seu princípio geral de funcionamento é a criação de objetos 3D camada a camada. Existem essencialmente 4 tipos de impressão 3D: impressão por extrusão, impressão por jato de tinta, laser fusão e impressão litográfica<sup>12,14,15</sup>. impressão por extrusão utiliza uma máquina de 3 eixos que vai dispensar um material termoplástico através de uma ponteira<sup>11,12</sup>.

A impressão por jato de tinta funciona segundo um princípio semelhante, embora o material utilizado seja diferente: gotículas finas de uma tinta fotopolimerizável são enviadas através de uma ponteira. A laser de fusão utiliza um pó como base, sendo utilizado um laser de alta temperatura para alterar o estado do pó e formar o objeto<sup>12</sup>.

A impressão litográfica (ou "*vat-polymerization*") é a tecnologia de impressão 3D mais utilizada no campo dentário e inclui diferentes métodos ("*stereolithography*" (SLA), "*direct light processing*" (DLP) e "*liquid crystal display based*" (LCD)) que diferem no tipo de fonte de luz utilizada<sup>12,16</sup>. No entanto, os três métodos partilham o mesmo princípio: uma cuba de monómero líquido fotopolimerizável é exposta camada a camada a uma fonte de luz e o objeto assim formado desloca-se num eixo vertical, permitindo a polimerização da camada seguinte<sup>12,14,16</sup>. Devido a este princípio de funcionamento, a polimerização só se realiza ao nível da prótese produzida, pelo que o resto da resina que permanece líquida pode ser

reutilizada na produção de outras próteses<sup>20</sup>. Assim, o fabrico aditivo apresenta várias vantagens em relação ao fabrico subtrativo, nomeadamente um menor desperdício de material, um custo inicial mais baixo e uma economia de tempo, uma vez que é possível imprimir vários objetos em simultâneo<sup>16,20</sup>. Este método permite ainda a criação de formas mais complexas e precisas do que as produzidas pelo fabrico subtrativo e partilha algumas das vantagens desta tecnologia: como a resina está polimerizada em condições controladas, as propriedades mecânicas são melhoradas e a cor da prótese é mais estável<sup>16,22</sup>. No entanto, existem ainda alguns problemas, nomeadamente, a grande variedade de parâmetros ajustáveis e o fato de os fabricantes de impressoras 3D limitarem a utilização do seu sistema a determinados materiais (a utilização de materiais não validados pode dar origem a problemas mecânicos e de precisão)<sup>12,14</sup>.

Existe atualmente no mercado um grande número de impressoras 3D e de materiais diferentes e é necessário dispor de dados fiáveis sobre os parâmetros a utilizar para obter impressões de qualidade<sup>12,16</sup>.

## 5.2. PROPRIEDADES FÍSICAS

### 5.2.1. ABSORÇÃO DE ÁGUA

A absorção de água é um fator crítico na longevidade de uma prótese fixa temporária<sup>1,11</sup>. A capacidade dos polímeros absorverem água é uma característica essencial que pode ter vários efeitos como a deformação dos acrílicos moles, o aumento da interação com organismos biológicos, ou o enfraquecimento e plastificação das ligações poliméricas<sup>11</sup>. De facto, quando um polímero entra em contacto com a água, pode ocorrer uma reação de hidrólise, o que pode levar a uma diminuição das suas propriedades mecânicas<sup>1,11</sup>. Além disso, a água também pode afetar a camada de silano que envolve as partículas de carga, o que pode promover a propagação de fissuras. Estes dois fenómenos estão relacionados com a presença de água e podem ter consequências adversas no desempenho do polímero

<sup>1</sup>. Foram realizados vários estudos para determinar esta absorção de água por vários materiais, sendo o método geralmente utilizado o seguinte: as amostras produzidas pelos vários métodos são pesadas e depois colocadas numa incubadora a 100% de humidade e a 37°C durante um período de tempo pré-determinado. Posteriormente, essas mesmas

amostras são pesadas novamente<sup>11,20</sup>. Por exemplo, Rayyan et al. determinaram no seu estudo de 2015 que as restaurações provisórias fabricadas manualmente estavam associadas a uma maior absorção de água do que as restaurações provisórias CAD/CAM. Este resultado pode ser explicado pelo modo de polimerização do PMMA<sup>11</sup>. As coroas de PMMA preparadas pelo método convencional têm uma maior quantidade de vazios (bolhas de ar incorporadas durante a preparação) e monómeros residuais, o que pode aumentar a absorção de água<sup>22,23</sup>. Em contraste, a estrutura altamente reticulada dos dimetacrilatos e do PMMA de CAD/CAM dificulta a penetração da água e, devido à forma como são preparados, estes materiais são menos suscetíveis de reter bolhas de ar<sup>1,22</sup>. Os resultados do estudo anterior podem ser complementados por um outro artigo de Shin et al. em 2020. Neste último, os autores conseguiram determinar que as resinas de impressão 3D tinham menor absorção de água do que os materiais PMMA CAD/CAM. Apesar de outros estudos, como por exemplo, Berli et al. no seu estudo de 2019, sugerirem que as resinas de impressão 3D podem ter uma menor absorção de água, os autores do estudo anterior concluíram que estas diferenças de resultados podem dever-se ao tipo de material utilizado e aos parâmetros utilizados pela máquina de impressão 3D<sup>20,24</sup>.

### 5.2.2. ESTABILIDADE DA COR

A cor da prótese é considerada um dos critérios estéticos mais importantes, uma vez que influencia a aceitação do tratamento por parte do paciente. Por isso, os materiais utilizados para a restauração dentária devem reproduzir com fidelidade as tonalidades dos dentes naturais e manter a sua estabilidade de cor durante um longo período de tempo<sup>23</sup>.

Esta estabilidade de cor das próteses dentárias é uma característica ótica clinicamente importante dos materiais dentários, uma vez que qualquer alteração na tonalidade pode traduzir o envelhecimento ou a degradação do material<sup>25</sup>.

Embora esta característica possa ser avaliada por vários métodos, a utilização de um instrumento (espectrofotómetro ou colorímetro) é geralmente essencial, uma vez que torna os resultados menos abertos à interpretação e mais reprodutíveis<sup>11,23,25</sup>.

Estes instrumentos permitem a medição de coordenadas que, utilizando o sistema CIE-L\*a\*b estabelecido pela "*Comission internationale de l'éclairage*", permitem avaliar com precisão as alterações de cor<sup>11,23</sup>. Estas coordenadas são depois utilizadas numa fórmula

matemática para obter um valor de  $\Delta E$  que reflete essa alteração de cor, sendo que valores superiores a 3,3 são considerados clinicamente inaceitáveis<sup>23,25</sup>. No seu estudo de 2015, Rayyan et al. colocaram várias coroas dentárias em várias soluções (café, chá, cola e vinho tinto) durante uma semana para avaliar as alterações de cor. As suas análises colorimétricas revelaram que as próteses produzidas pelo método convencional sofreram alterações de cor inaceitáveis ( $\Delta E > 7,7$ ), enquanto as coroas produzidas pelo método CAD/CAM (fabrico subtrativo) mantiveram a sua cor ( $\Delta E < 2,4$ )<sup>11</sup>.

Estas alterações de cor foram obtidas através da variação de vários parâmetros: o parâmetro L (que corresponde à luminosidade, sendo o valor 0 preto e o valor 100 branco), diminuiu significativamente, tornando a prótese mais escura, enquanto o parâmetro b (cujo valor corresponde a um eixo de cor de azul a amarelo) aumentou, tornando a prótese mais amarela<sup>11,23</sup>.

Um estudo semelhante foi também realizado em 2021 por Tieh et al. em que os espécimes (métodos tradicional, aditivo e subtrativo) foram termociclados em vários líquidos (saliva artificial, café, vinho tinto e produto de limpeza de próteses) para simular 12 e 24 meses, *in vivo*. Os resultados são consistentes com os do estudo anterior, na medida em que apenas os espécimes produzidos por fabrico subtrativo apresentaram variações de cor aceitáveis, enquanto os produzidos pelo método convencional apresentaram os piores resultados. Este estudo também relata que os espécimes produzidos por impressão 3D também apresentaram alterações de cor significativas<sup>25</sup>.

As diferenças observadas entre as próteses obtidas pelo método convencional e as obtidas por fabrico subtrativo podem ser explicadas pelas condições de polimerização: sendo os blocos de PMMA polimerizados sob alta pressão e temperatura, as partículas corantes têm mais dificuldade em penetrar na estrutura do polímero e assim provocar uma alteração de cor<sup>11,25</sup>. Quanto às resinas de impressão 3D, a sua instabilidade cromática pode dever-se a uma maior infiltração de pigmentos e absorção de água, sendo este último fator conhecido como responsável pela degradação dos compósitos dentários<sup>25</sup>.

### 5.3. PROPRIEDADES MECÂNICAS

#### 5.3.1. RESISTÊNCIA À FRATURA

Como vimos anteriormente, uma prótese fixa provisória deve ter boas propriedades físicas, mas uma outra característica é crucial para a durabilidade da restauração: a sua resistência à fratura. De facto, as próteses fixas provisórias são necessárias, em média, durante 44,5 dias, com uma taxa de fratura média elevada de cerca de 13%<sup>1</sup>. Esta taxa elevada deve-se provavelmente ao fato de que a maioria das restaurações protéticas provisórias são feitas de materiais autopolimerizáveis (PMMA ou bis-acrílico) a serem misturados pelo médico dentista (método convencional). Durante a polimerização do pó de polímero com monómero líquido ou pastas de resina composta de dois componentes, podem ocorrer imperfeições na microestrutura do material, gerando assim zonas de tensão que, por sua vez, podem levar a falhas mecânicas. Para reduzir o risco de fraturas prematuras durante a mastigação, especialmente no caso de próteses grandes, é importante escolher materiais com alta resistência<sup>10</sup>. Como este problema de resistência é prejudicial para o paciente, tanto economicamente como funcionalmente (dor e desconforto), um grande número de estudos tem sido realizado sobre este assunto<sup>1,3,5,7,8,10,11,14,18,21,26</sup>. O protocolo para medir essa resistência é simples: os espécimes são submetidos ou não a um envelhecimento artificial (simulador de mastigação e termociclagem) e depois submetidos a uma força constante até a rutura, sendo utilizada uma máquina universal de ensaios para medir essa força<sup>7</sup>.

Este protocolo foi utilizado por Abdullah et al. no seu estudo de 2018 para determinar a resistência à fratura e o modo de fratura de uma coroa unitária fabricada de várias formas (método convencional e CAD/CAM fresado). Este estudo determinou que o material CAD/CAM tinha uma maior resistência à fratura (347N a 375N) do que o material bis-acrílico convencional (284N). Estes valores são consideradas pelo autor compatível com às forças mastigatórias que podem ser encontradas na boca tornando todos estes materiais adequados para utilização numa prótese fixa provisória (podem ser registadas diferentes forças mastigatórias na boca, tais como 40 N durante a deglutição ou 170-881 N durante a mastigação de nozes)<sup>3</sup>. O modo de fratura foi avaliado de acordo com a proporção da coroa perdida e os resultados revelaram que a maioria dos espécimes perdeu metade ou menos da sua coroa<sup>3</sup>. No entanto, estes resultados diferem dos obtidos por Sari et al. (2020) que determinaram que os materiais CAD/CAM e bis-acrílicos tinham uma resistência à fratura semelhante. Este estudo também relata que a resistência à fratura é comparável entre os resultados *in vivo* e *in vitro*, e que a resistência à fratura é altamente dependente do desenho da coroa<sup>8</sup>. Comparativamente, os resultados obtidos por Sari, que utilizou como

modelo de estudo uma coroa molar, são significativamente melhores do que os obtidos no estudo de Abdullah et al.<sup>3,8</sup>. Estes resultados podem ser reforçados pelo estudo realizado por Peñate et al. em 2015, que mostrou que a resistência à fratura dos materiais PMMA CAD/CAM era superior à dos materiais PMMA tradicionais (516N para o material CAD/CAM contra 227-341N para o material tradicional). Também verificaram que quando os materiais convencionais são reforçados com fibra de vidro, os resultados de resistência à fratura são semelhantes aos encontrados com materiais CAD/CAM<sup>5</sup>. No entanto, é importante notar que, como os autores demonstraram, nem todos os materiais PMMA de CAD/CAM são equivalentes e alguns não são mais fortes do que os materiais convencionais (neste estudo, o material Zeno Profix teve melhores resultados do que os materiais convencionais, enquanto os materiais Vita CAD-Temp® e Telio® CAD tiveram uma resistência semelhante)<sup>7</sup>.

Alam et al. complementam os resultados anteriores com o seu estudo de 2022. Verificaram que muitos estudos se concentraram nos dentes posteriores e decidiram avaliar os incisivos centrais superiores. Os autores constataram que as coroas fabricadas subtrativamente eram mais resistentes à fratura do que as coroas fabricadas convencionalmente (bis-acrílico) mas menos resistentes do que as coroas impressas em 3D. É possível que o aumento da resistência à fratura se deva à estrutura em camadas do objeto impresso em 3D e à ligação química formada entre as suas camadas<sup>18</sup>.

Estes resultados diferem dos obtidos por Henderson et al (2021) que observaram valores de resistência à fratura mais baixos para materiais de impressão 3D do que para PMMA de CAD/CAM e materiais bis-acrílicos convencionais. O mesmo estudo analisou a evolução da resistência à fratura após 30 dias em ambiente de 37°C e 100% de humidade, e verificou que tanto os materiais aditivos como os subtrativos apresentaram menor resistência após este período de incubação, enquanto o material bis-acrílico convencional não foi afetado. Isto pode dever-se ao fato de o material convencional não ter completado a sua polimerização, que continuou durante o período de incubação, compensando assim os efeitos da absorção de água e da hidrólise<sup>1</sup>.

Outros fatores podem também influenciar a resistência à fratura da prótese, como o desenho de uma ponte dentária fixa<sup>10</sup>. Coelho et al (2021) avaliaram 2 resinas acrílicas pela técnica manual e 2 resinas pela técnica CAD/CAM, para 2 tipos de pontes de 4 elementos, ponte convencional e ponte em cantiléver. Os autores verificaram que a resistência à fratura diminuía significativamente na presença de um cantiléver,

especialmente se a prótese fosse fabricada pelo método convencional (as amostras CAD/CAM apresentaram valores semelhantes com ou sem cantiléver). É também interessante notar que as fraturas ocorrem nas áreas mais finas da prótese (nos conectores) e sem expor a superfície dentária subjacente. Este estudo conclui que os materiais tradicionais de PMMA não são adequados para o fabrico de uma prótese temporária fixa de múltiplos elementos com cantilever<sup>10</sup>. Estes resultados são consistentes com os obtidos num outro estudo *in vitro* que investigou vários materiais (polímeros CAD/CAM de alta densidade)<sup>26</sup>.

### 5.3.2 ADAPTAÇÃO MARGINAL

O objetivo clínico de uma restauração provisória é minimizar o espaço marginal, proteger o dente de cáries e prevenir qualquer comprometimento da saúde gengival<sup>13</sup>.

O ajuste marginal é um elemento crucial que requer atenção especial. Um mau ajuste marginal pode levar à degradação dos tecidos dentários adjacentes, resultando na degradação da restauração, com margens expostas e uma estética inadequada<sup>3</sup>. Assim, é essencial produzir coroas provisórias que se integrem com os tecidos adjacentes até à colocação da restauração definitiva<sup>3</sup>. Vários fatores influenciam a adaptação marginal, incluindo o desenho da preparação dentária, o método de medição, a técnica de moldagem, os materiais utilizados e os efeitos do envelhecimento termomecânico<sup>14</sup>. Para uma coroa metalo-cerâmica, um espaço marginal clinicamente aceitável é de cerca de 120 $\mu$ m, e este valor também se aplica no caso de uma prótese fixa temporária<sup>13,14</sup>. Existem vários métodos para medir o espaço marginal, incluindo a réplica, a técnica embutida ou a técnica de secionamento. O método da réplica é considerado não invasivo e fiável para avaliar a adaptação da prótese provisória. Este método consiste em utilizar um silicone leve como cimento e, em seguida, remover a coroa do modelo e preencher a coroa com um silicone pesado de uma cor diferente. Serão então feitas diferentes secções e observadas ao microscópio<sup>3</sup>.

No seu estudo de 2018, Abdullah et al. verificaram que as próteses feitas por fabrico subtrativo tinham um espaço marginal menor (entre 46 $\mu$ m e 62 $\mu$ m) do que as feitas pelo método manual com um bis-acrílico (139 $\mu$ m)<sup>3</sup>. A contração de polimerização é uma das

razões pelas quais as coroas feitas por métodos convencionais têm geralmente um ajuste marginal inferior<sup>14</sup>.

No entanto, este problema é evitado na tecnologia CAD/CAM, que utiliza blocos de resina pré-curados antes da fresagem, o que pode levar a uma maior adaptação marginal. Além disso, o PMMA convencional tem uma maior quantidade de monómero residual e uma maior absorção de água, o que pode levar à deformação da prótese num ambiente húmido como a boca<sup>14</sup>. Os materiais CAD/CAM utilizados neste estudo têm espaços marginais aceitáveis, enquanto a resina bis-acrílica está acima do padrão clinicamente aceitável e não deve ser utilizada em tratamentos protéticos a longo prazo<sup>3</sup>. Estes resultados são consistentes com os obtidos por Park et al (2016) que também verificaram que a impressão 3D teve mais sucesso do que o fabrico subtrativo, o que pode dever-se ao facto de o fabrico subtrativo utilizar uma fresa cujo diâmetro pode dificultar a criação de estruturas muito precisas<sup>4</sup>. No entanto, estas diferenças entre o fabrico aditivo e subtrativo não são confirmadas por Falahchai et al (2022), que não observaram qualquer diferença significativa entre os dois métodos<sup>14</sup>.

### 5.3.3. RESISTÊNCIA AO DESGASTE

Embora existam poucos dados sobre a resistência ao desgaste, esta característica representa um fator clínico importante no desempenho da prótese, uma vez que ajuda a manter uma situação oclusal ajustada e a evitar o desenvolvimento de fissuras. De facto, o desgaste pode ser um problema clínico (especialmente para restaurações de longa duração), uma vez que o desgaste excessivo pode alterar a oclusão, a função e a estabilidade da prótese. Para determinar esta resistência, Sari et al. (2020) digitalizaram as superfícies desgastadas de próteses dentárias utilizando um microscópio de varrimento a laser 3D. Utilizando esta técnica, os autores conseguiram determinar que não existiam diferenças significativas no desgaste entre os materiais CAD/CAM e bis-acrílicos, tanto numa situação *in vitro* como *in vivo*. No entanto, é importante notar que em comparação com as taxas de desgaste anual do esmalte dentário ou dos compósitos de restauração (aproximadamente 30 µm), as restaurações provisórias mostram um nível de desgaste consideravelmente mais elevado (300-350µm *in vivo* e 200-250µm *in vitro*)<sup>8</sup>.

#### 5.4. FATORES QUE INFLUENCIAM O SUCESSO DA RESTAURAÇÃO PROTÉTICA

Muitos fatores podem influenciar o sucesso de uma prótese fixa temporária. Por exemplo, no seu ensaio clínico aleatório de 2021, Cheng et al. compararam vários aspectos da realização de uma coroa provisória utilizando o método tradicional e o método CAD/CAM. Estavam interessados em avaliar o tempo que demorava a fazer a coroa, bem como na influência da experiência do médico dentista. Os autores determinaram que o tempo total de fabrico da coroa provisória com CAD/CAM foi dividido em comparação com o método convencional (64,9 minutos em média para a prótese CAD/CAM em comparação com 128,9 minutos para o método convencional). Também verificaram que, no método CAD/CAM, os médicos dentistas menos experientes tendiam a usar as configurações predefinidas e a fazer menos alterações na morfologia da coroa durante o desenho, enquanto os clínicos experientes passavam mais tempo a otimizar os detalhes da coroa, fazendo alterações no *software* mais extensas<sup>27</sup>. Para além disso, com o método tradicional, os médicos dentistas menos experimentados tendiam a fazer coroas menos ajustadas, enquanto esta diferença não existia com o método CAD/CAM<sup>8</sup>. A experiência do profissional parece ter influência na qualidade final do tratamento protético efetuado pelo método tradicional.

Outro fator que pode influenciar o sucesso do tratamento é a escolha do cimento provisório. Um cimento provisório deve ser suficientemente forte para manter a prótese estável, mas também deve ser facilmente removível sem causar danos à estrutura do dente. É essencial utilizar um cimento de boa qualidade, pois, caso contrário, pode dissolver-se na cavidade oral, permitindo a infiltração de fluidos (e, por conseguinte, de microrganismos) sob a coroa provisória. O ideal é que o cimento tenha baixa solubilidade, boa adesão aos dentes e um coeficiente de expansão térmica semelhante ao dos dentes naturais. No entanto, os cimentos com estas características são geralmente difíceis de remover e, portanto, não são adequados para uso temporário<sup>9</sup>.

Robaian et al. (2021) avaliaram diferentes tipos de cimento para determinar qual deles apresentava o menor risco de microinfiltração. De acordo com os resultados obtidos, o cimento de óxido de zinco sem eugenol apresentou o melhor selamento, enquanto o policarboxilato de zinco apresentou os piores resultados. Estes resultados podem ser

explicados pelo fato dos cimentos de carboxilato de zinco terem uma elevada solubilidade e viscosidade em comparação com outros cimentos<sup>9</sup>.

## 5.5 LIMITAÇÕES

Esta revisão sistemática integrativa inclui várias limitações que devem ser tidas em conta:

- Alguns dos temas abordados como a: importância do cimento, experiência do médico dentista, resistência ao desgaste, ainda existem poucos estudos que sustentem os resultados obtidos.
- A grande maioria dos estudos utilizados no desenvolvimento deste trabalho são estudos *in vitro* e, embora estes sejam mais reproduzíveis, são necessários mais dados *in vivo*.
- Os estudos incluídos nesta revisão sistemática integrativa são por vezes muito variáveis em termos de conceção e metodologia (materiais utilizados, modelo de estudo, etc.), o que torna os resultados bastante heterogêneos.

Devido a estas limitações, torna-se necessário efetuar mais estudos sobre o assunto, especialmente estudos *in vivo*, uma vez que as condições *in vitro* não podem ser as mesmas que as encontradas na prática clínica.

## 6. CONCLUSÕES

Dos artigos selecionados para esta revisão sistemática integrativa da literatura sobre o tema "Benefício da tecnologia CAD/CAM em relação ao método convencional no fabrico de próteses fixas provisórias", foi possível extrair as seguintes conclusões:

- As próteses fixas temporárias feitas pelo método CAD/CAM têm muitas vantagens em relação às feitas pelos métodos convencionais, portanto a hipótese nula foi rejeitada.

- As próteses de CAD/CAM são fabricadas com processos muito precisos e materiais mais estáveis, o que permite uma maior precisão e uma melhor adaptação marginal. Além disso, este método de fabrico reduz significativamente o tempo necessário para produzir a prótese, o que pode ser uma vantagem para os pacientes que precisam de uma solução rápida.

- As próteses CAD/CAM são também mais resistentes ao desgaste e à fratura, o que pode prolongar a sua vida útil, tornando-as mais interessantes para um tratamento a longo prazo e reduzir o risco de complicações para o paciente.

- No entanto, é importante notar que os métodos CAD/CAM requerem um maior investimento inicial para a clínica, bem como formação adicional para o médico dentista. Por conseguinte, a escolha do método de fabrico deve ser avaliada caso a caso, tendo em conta as necessidades do paciente e os recursos disponíveis na clínica.

Embora ambos os métodos de fabrico de próteses fixas provisórias sejam clinicamente viáveis, esta revisão sistemática integrativa sugere que o método CAD/CAM pode oferecer vantagens significativas em termos de precisão, tempo de fabrico e resistência. A escolha do método a utilizar dependerá das necessidades do paciente, das capacidades financeiras da clínica e da formação do médico dentista.

## 7. BIBLIOGRAFIA

1. Henderson JY, Koriath TVP, Tantbirojn D, Versluis A. Failure load of milled, 3D-printed, and conventional chairside-dispensed interim 3-unit fixed dental prostheses. *J Prosthe Dent.* 2021; 127(2):275.e1-275.e7.
2. Abad-Coronel C, Carrera E, Córdova NM, Fajardo JI, Aliaga, P. Comparative analysis of fracture resistance between cad/cam materials for interim fixed prosthesis. *Materials (Basel).* 2021; Dec 16;14(24):7791.
3. Abdullah AO, Pollington S, Liu Y. Comparison between direct chairside and digitally fabricated temporary crowns. *Dent Mater J.* 2018; 37(6):957–963.
4. Park JY, Jeong ID, Lee JJ, Bae SY, Kim JH, Kim WC. In vitro assessment of the marginal and internal fits of interim implant restorations fabricated with different methods. *J Prosthe Dent.* 2016; 116(4):536–542.
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 Prosthe Dent.* 2015; 114(2):248–253.
6. Dureja I, Yadav B, Malhotra P, Dabas N, Bhargava A, Pahwa R. A comparative evaluation of vertical marginal fit of provisional crowns fabricated by computer-aided design/computer-aided manufacturing technique and direct (intraoral technique) and flexural strength of the materials: An in vitro study. *J Indian Prosthodont Soc.* 2018; 18(4):314–320.
7. Edelhoff D, Schraml D, Eichberger M, Stawarczyk B, Edelhoff D. Comparison of fracture loads of CAD/CAM and conventionally fabricated temporary fixed dental prostheses after different aging regimens. *Int J Comput Dent.* 2016; 19(2):101-12.

8. Sari T, Usumez A, Strasser T, Şahinbas A, Rosentritt M. Temporary materials: comparison of in vivo and in vitro performance. *Clin Oral Investig*. 2020; 24(11):4061–4068.
9. Robaian A, Maawadh A, Alghomlas ZI, Alqahtani AM, Alothman TA, Alhajri FF, Albar N. Evaluation of the marginal microleakage of CAD-CAM compared with conventional interim crowns luted with different types of cement: An in-vitro study. *Niger J Clin Pract*. 2021; 24(6):828–832.
10. Coelho C, Calamote C, Pinto AC, Esteves JL, Ramos A, Escuin T, Souza JCM. Comparison of CAD-CAM and traditional chairside processing of 4-unit interim prostheses with and without cantilevers: Mechanics, fracture behavior, and finite element analysis. *J Prosthe Dent*. 2021; 125(3):543.e1-543.e10.
11. Rayyan MM, Aboushelib M, Sayed NM, Ibrahim A, Jimbo R. Comparison of interim restorations fabricated by CAD/CAM with those fabricated manually. *J Prosthe Dent*. 2015; 114(3):414–419.
12. Tahayeri A, Morgan MC, Fugolin AP, Bompolaki D, Athirasala A, Pfeifer CS, Ferracane JL, Bertassoni LE. 3D printed versus conventionally cured provisional crown and bridge dental materials. *Dent Mater*. 2018; 34(2):192–200.
13. Kelvin Khng KY, Ettinger RL, Armstrong SR, Lindquist T, Gratton DG, Qian F. In vitro evaluation of the marginal integrity of CAD/CAM interim crowns. *J Prosthe Dent*. 2016; 115(5):617–623.
14. Falahchai M, Rahimabadi S, Khabazkar G, Babaee Hemmati Y, Neshandar Asli H. Marginal and internal fit and fracture resistance of three-unit provisional restorations fabricated by additive, subtractive, and conventional methods. *Clin Exp Dent Res*. 2022; 8(6):1404–1412.
15. Mohajeri M, Khazaei S, Vafae F, Firouz F, Gholiabad S G, Shisheian A. Frontiers in Dentistry Marginal Fit of Temporary Restorations Fabricated by the Conventional Chairside Method, 3D Printing, and Milling. *Front Dent*. 2021; Sep 5;18:31.

16. Karasan D, Legaz J, Boitelle P, Mojon P, Fehmer V, Sailer I. Accuracy of Additively Manufactured and Milled Interim 3-Unit Fixed Dental Prostheses. *J Prosthodont.* 2022; 31:58–69.
17. Schwantz JK, Oliveira-Ogliari A, Meereis CT, Leal FB, Ogliari FA, Moraes RR. Characterization of bis-acryl composite resins for provisional restorations. *Braz Dent J*, 2017; 28(3):354–361.
18. Alam M, Chugh A, Kumar A, Rathee M, Jain P. Comparative evaluation of fracture resistance of anterior provisional restorations fabricated using conventional and digital techniques – An in vitro study. *J Indian Prosthodont Soc.* 2022; 22(4):361-367.
19. Topouzi M, Kontonasaki E, Bikiaris D, Papadopoulou L, Paraskevopoulos KM, Koidis P. Reinforcement of a PMMA resin for interim fixed prostheses with silica nanoparticles. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2017; 69:213–222.
20. Shin JW, Kim JE, Choi YJ, Shin SH, Nam NE, Shim JS, Lee KW. Evaluation of the color stability of 3d-printed crown and bridge materials against various sources of discoloration: An in vitro study. *Materials.* 2020; Nov 26;13(23):5359.
21. Rosentritt M, Raab P, Hahnel S, Stöckle M, Preis V. In-vitro performance of CAD/CAM-fabricated implant-supported temporary crowns. *Clin Oral Investig.* 2017; 21(8):2581–2587.
22. Angwarawong T, Reepomaha T, Angwaravong, O. Influence of thermomechanical aging on marginal gap of CAD-CAM and conventional interim restorations. *J Prosthe Dent.* 2020; 124(5):566.e1-566.e6.
23. Cristache CM, Oancea L, Cristiana Didilescu A, Burlibasa M, Totu EE. Color Changes and Stainability of Complete Dentures Manufactured Using PMMA-TiO<sub>2</sub> Nanocomposite and 3D Printing Technology-one Year Evaluation. *Rev. Chim. (Bucharest)*, 2018; 69(2).

24. Berli, C., Thieringer, F.M., Sharma, N., Müller, J.A., Dedem, P.; Fischer, J., Rohr, N. Comparing the mechanical properties of pressed, milled, and 3D-printed resins for occlusal devices. *J Prosth Dent.* 2020; 124(6):780-786.
25. Tieh MT, Waddell JN, Choi JJE. Optical and mechanical properties of conventional, milled and 3D-printed denture teeth. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2022; 126:105061
26. Yilmaz B, Alp G, Seidt J, Johnsto WM, Vitter R, McGlumphy EA. Fracture analysis of CAD-CAM high-density polymers used for interim implant-supported fixed, cantilevered prostheses. *J Prosth Dent.* 2018; 120(1):79-84.
27. Cheng CW, Ye SY, Chien CH, Chen CJ, Papaspyridakos P, Ko CC. Randomized clinical trial of a conventional and a digital workflow for the fabrication of interim crowns: An evaluation of treatment efficiency, fit, and the effect of clinician experience. *J Prosthet Dent.* 2021; 125(1):73-81.