

Adaptação, Veracidade e Precisão das Estruturas de Prótese Parcial Removível Confeccionadas por Fluxo Digital: uma Revisão Integrativa de Literatura

Adaptation, Veracity and Precision of Digital Flow Removable Partial Prosthesis Structures: an Integrative Literature Review

Adaptación, Veracidad y Precisión de Estructuras de Prótesis Parciales Removibles de Flujo Digital: una Revisión Integradora de la Literatura

Adna Soraya dos Santos **QUIRINO**

Graduanda em Odontologia, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) 50670-901 Recife – PE, Brasil.
<https://orcid.org/0009-0003-8014-6252>

Sandro Matheus Albuquerque da **SILVA**

Graduando em Odontologia, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) 50670-901 Recife – PE, Brasil.
<https://orcid.org/0000-0002-0464-6461>

Clarisse Maria Luiz **SILVA**

Mestranda, Programa de Pós-Graduação em Ciências Aplicadas à Saúde Bucal (PPG-CASB), Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual de São Paulo (UNESP) 12245-000 São José dos Campos – SP, Brasil
<https://orcid.org/0000-0003-0624-7285>

Antonio José Tôrres **NETO**

Mestrando, Programa de Pós-Graduação em Ciências Aplicadas à Saúde Bucal (PPG-CASB), Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual de São Paulo (UNESP) 12245-000 São José dos Campos – SP, Brasil
<https://orcid.org/0000-0003-3162-8485>

Viviane Maria Gonçalves de **FIGUEIREDO**

Professora Adjunta, Departamento de Prótese e Cirurgia Buco-Facial, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) 50670-901 Recife – PE, Brasil
<https://orcid.org/0000-0003-4657-0984>

Resumo

Introdução: A Prótese Parcial Removível (PPR) é uma importante alternativa na reabilitação de pacientes parcialmente edêntulos. No entanto, a confecção convencional de sua estrutura é trabalhosa, suscetível a erros e consome tempo. Com o avanço das tecnologias digitais, o uso do CAD-CAM tem sido explorado como alternativa viável, com relatos de adaptação clinicamente aceitável. **Objetivo:** Revisar integrativamente a literatura sobre adaptação, veracidade e precisão de estruturas de PPR confeccionadas por fluxo digital. **Material e Método:** A busca foi realizada nas bases PubMed, BVS e ScienceDirect, abrangendo artigos publicados entre 2012 e 2022. Foram utilizados descritores e termos em títulos e resumos. Foram incluídos estudos *in vivo*, *in vitro* ou *in silico* que compararam estruturas completas de PPR fabricadas por técnicas convencional e digital. Estudos que não faziam essa comparação, ou abordavam apenas escaneamento digital, PPR flexível, outras reabilitações, componentes isolados, revisões ou estudos fora da área odontológica foram excluídos. **Resultados:** Foram incluídos cinco estudos: quatro *in vitro* e um *in vivo*. As pesquisas analisaram adaptação marginal, fidelidade dimensional e precisão de assentamento. A maioria mostrou que estruturas digitais apresentam desadaptações dentro dos limites clínicos aceitáveis. Contudo, os métodos variados e o número reduzido de estudos dificultam uma conclusão definitiva. **Conclusão:** As estruturas de PPR fabricadas por fluxo digital mostram resultados promissores, mas ainda não permitem afirmar superioridade em relação à técnica convencional.

Descriptores: Prótese Parcial Removível; Tecnologia Digital; CAD-CAM.

Abstract

Introduction: Removable Partial Denture (RPD) is an important option for the rehabilitation of partially edentulous patients. However, the conventional fabrication of its framework is labor-intensive, error-prone, and time-consuming. With the advancement of digital technologies, the use of CAD-CAM systems has been explored as a viable alternative, with reports of clinically acceptable adaptation. **Objective:** To integratively review the literature on adaptation, trueness, and precision of RPD frameworks manufactured through a digital workflow. **Material and Method:** A search was conducted in the PubMed, BVS, and ScienceDirect databases, covering articles published between 2012 and 2022. Descriptors and terms in titles and abstracts were used. Included were *in vivo*, *in vitro*, or *in silico* studies comparing complete RPD frameworks produced by conventional and digital techniques. Studies that did not make this comparison, or that focused only on digital scanning, flexible RPDs, other prosthetic rehabilitations, isolated components, reviews, or non-dental studies were excluded. **Results:** Five studies were included: four *in vitro* and one *in vivo*. The studies analyzed marginal fit, dimensional fidelity, and seating precision. Most showed that digital frameworks presented discrepancies within clinically acceptable limits. However, methodological variability and the small number of studies limit definitive conclusions. **Conclusion:** RPD frameworks produced via digital workflow show promising results, but their superiority over conventional techniques has yet to be confirmed.

Descriptors: Removable Partial Denture; Digital Technology; CAD-CAM.

Resumen

Introducción: La Prótesis Parcial Removible (PPR) es una alternativa importante en la rehabilitación de pacientes parcialmente edéntulos. Sin embargo, la confección convencional de su estructura es laboriosa, propensa a errores y requiere mucho tiempo. Con el avance de las tecnologías digitales, el uso del sistema CAD-CAM ha sido explorado como una alternativa viable, con informes de adaptación clínicamente aceptable. **Objetivo:** Revisar integrativamente la literatura sobre adaptación, veracidad y precisión de estructuras de PPR fabricadas mediante flujo digital. **Material y Método:** Se realizó una búsqueda en las bases de datos PubMed, BVS y ScienceDirect, abarcando artículos publicados entre 2012 y 2022. Se utilizaron descriptores y términos en títulos y resúmenes. Se incluyeron estudios *in vivo*, *in vitro* o *in silico* que compararon estructuras completas de PPR fabricadas por técnicas convencionales y digitales. Se excluyeron estudios que no hicieran esta comparación, así como aquellos que abordan solo el escaneo digital, PPR flexible, otras rehabilitaciones, componentes aislados, revisiones o estudios fuera del ámbito odontológico. **Resultados:** Se incluyeron cinco estudios: cuatro *in vitro* y uno *in vivo*. Las investigaciones analizaron adaptación marginal, fidelidad dimensional y precisión del asentamiento. La mayoría mostró que las estructuras digitales presentan desadaptaciones dentro de los límites clínicamente aceptables. No obstante, la heterogeneidad metodológica y el número limitado de estudios dificultan una conclusión definitiva. **Conclusión:** Las estructuras de PPR fabricadas por flujo digital muestran resultados prometedores, pero aún no permiten afirmar su superioridad frente a la técnica convencional.

Descriptores: Prótesis Parcial Removible; Tecnología Digital; CAD-CAM.

INTRODUÇÃO

Na reabilitação oral dos pacientes parcialmente edêntulos, a Prótese Parcial Removível (PPR) tem extrema importância no

resgate do complexo maxilo-mandibular¹. Contudo, a fabricação da estrutura convencional em PPR é complexa, sujeita a erros e demanda tempo². Na tentativa de favorecer a fabricação da estrutura em

PPR, o uso do Desenho Assistido por Computador - Manufatura Assistida por Computador (*Computer-Aided Design - Computer- Aided Manufacturing / CAD-CAM*) tem sido adotado^{1,2} e há evidências que a adaptação da estrutura é clinicamente aceitável^{2,3}.

Os avanços sobre a Odontologia digital abriram novas perspectivas para a fabricação da PPR, por meio de processos aditivos e subtrativos, os quais têm se mostrado opções viáveis comparadas a técnica convencional⁴. O Desenho Assistido por Computador (*Computer-Aided Design / CAD*) favorece a precisão dos dados para o desenvolvimento do processo e a fresagem pela Manufatura Assistida por Computador (*Computer-Aided Manufacturing - CAM*) mostra similar ou melhor adaptação que as estruturas convencionais. Bem como, a tecnologia digital possui a capacidade de reduzir os procedimentos laboratoriais, além do tempo e a quantidade de materiais necessários para a fabricação da estrutura².

No entanto, o uso e desenvolvimento das tecnologias digitais em PPR ainda são incipientes¹. Para que seja esclarecida a fabricação digital da estrutura em PPR em relação à técnica convencional, é preciso uma análise detalhada de cada etapa do processamento e estudar as pesquisas já realizadas⁵. A fim de determinar os parâmetros e técnicas ideais para fabricação^{1,3,6,7}. Por isso, objetivou-se revisar a literatura de forma integrativa sobre adaptação, veracidade e precisão das estruturas de PPR confeccionadas por fluxo digital.

MATERIAL E MÉTODO

○ Pergunta Norteadora

A pergunta norteadora para o seguinte estudo foi: "As estruturas de PPR fabricadas por fluxo digital apresentam adaptação, veracidade e precisão superiores que as estruturas convencionais?"

○ Método

A Revisão Integrativa da Literatura adotada neste estudo irá sintetizar as pesquisas disponíveis sobre o tema, a fim de promover indicativos para a prática clínica. Dessa forma, a revisão fundamenta o conhecimento científico através da pesquisa estruturada pela estratégia PICO. Os elementos da estratégia PICO foram determinados da seguinte forma: População pacientes parcialmente edêntulos e com necessidade protética; Intervenção PPR Digital, Controle PPR Convencional e o "Outcome" PPR fabricada por fluxo digital apresenta melhor acurácia que a confecção convencional.

○ Critério de Elegibilidade

A presente revisão da literatura teve a pesquisa pautada em bases de dados, através de estratégias buscas (Quadro 1), com artigos

publicados entre 2012 a 2022. A pesquisa da literatura foi realizada nos meses de Abril a Maio de 2022. Os termos adotados na estratégia de busca foram baseados em descritores, sinônimos, termos presentes em título e resumo. Para a busca no Pubmed também foram adotados filtros como estudos clássicos, estudos observacionais, estudos clínicos e estudos clínicos randomizados. Já para o Science Direct, os filtros foram artigos de pesquisa na área médica e odontológica. Por fim, na BVS os 10 últimos anos foram adotados na busca. A pesquisa ocorreu nos dias 11/04/2022 para o Science Direct e 08/05/2022 para BVS e PubMed. Também ocorreu uma busca manual em 13/07/2022, nas referências dos artigos incluídos para a extração dos dados.

Quadro 1: Busca da literatura para pesquisa.

Pubmed	
Site	https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/
Estratégia de Busca	((removable partial denture or removable partial dentures or removable partial prosthesis) AND ((CA-CAM OR CAD/CAM OR computer- aided design/computer-aided manufacturing OR (computer-aided design and computer-aided manufacturing) OR CAD-CAM-fabricated or CAD/CAM Techniques OR 3D) OR (framework OR frameworks fabricated OR techniques OR additive OR prototyping rapid OR sintering laser OR laser-sintered OR melting laser OR manufacturing OR fabrication OR 3D printed OR Impression) OR (Accuracy OR Trueness OR Precision OR Retention OR fit OR adaptation)) NOT (implant) NOT (complete denture) NOT (fixed partial denture))
Biblioteca Virtual em Saúde (BVS)	
Site	https://bvs.saude.gov.br/bvs/
Estratégia de Busca	((removable partial denture or removable partial prosthesis) AND ((CA-CAM OR CAD/CAM OR computer-aided design/computer- aided manufacturing OR (computer-aided design and computer-aided manufacturing) OR digital OR 3D OR design OR CAD-CAM- fabricated or CAD/CAM Techniques) OR (framework OR frameworks fabricated OR techniques OR additive OR prototyping rapid OR sintering laser OR laser-sintered OR melting laser OR manufacturing OR fabrication) OR (Accuracy OR Trueness OR Precision OR Retention OR fit OR adaptation)) NOT (implant) NOT (complete denture) NOT (fixed partial denture))
Science Direct	
Site	https://www.sciencedirect.com/
Estratégia de Busca	((removable partial denture) AND ((CAD/CAM OR computer-aided design/computer-aided manufacturing) OR (framework OR techniques OR additive OR prototyping rapid OR laser-sintered OR melting laser)))

Fonte: Dados da Pesquisa

Os critérios de inclusão nesta revisão foram estudos *in vivo*, *in vitro* ou *in silico* sobre estruturas completas de PPR, que compararam dados sobre adaptação, veracidade e precisão entre a técnica convencional de fabricação da estrutura (Técnica da Cera Perdida) e as técnicas digitais. Os critérios

de exclusão adotados foram estudos que não comparem estruturas de PPRs fabricadas pela técnica convencional e PPRs fabricadas por fluxo digital, estudos apenas sobre impressão digital, pesquisa sobre PPR flexível, estudos sobre outras reabilitações protéticas (prótese parcial fixa, prótese sobre implante, prótese de ATM e prótese bucofacial), pesquisas sobre componentes isolados da PPR, revisões da literatura, revisões sistemáticas, metanálise, caso clínico ou relato de caso, artigos de opinião, pesquisas não odontológicas ou de outras temáticas odontológicas.

o Seleção dos Estudos

Os títulos e resumos de todos os artigos foram analisados por dois revisores (ASS e VMGF). Os estudos que preencheram os critérios de inclusão foram selecionados para leitura do texto completo e incluídos para extração dos dados, enquanto registradas as razões para a exclusão das pesquisas não selecionadas.

o Extração dos Dados

Os dados das pesquisas selecionadas foram extraídos pelos revisores. A coleta de dados foi baseada nos resultados sobre adaptação, veracidade e precisão das estruturas de PPR.

o Análise dos Dados

A extração dos dados dos artigos incluídos foi realizada através da criação de tabelas e gráficos padronizados para sumarizar os achados pelos revisores. A categorização do nível de evidência científico das pesquisas foi baseado na classificação do "Oxford Centre for Evidence-based Medicine", citada no artigo de Demathé et al.⁸.

RESULTADOS

o Artigos Incluídos

Em todas as bases de dados foram identificados artigos passíveis de serem incluídos na pesquisa. Porém, a BVS foi a única base de dados que não apresentou artigos para serem rastreados. Os artigos excluídos abordavam sobre: resina flexível (09 artigos), outras reabilitações protéticas (194 artigos), impressão digital (16 artigos), PPR convencional (33 artigos), estudos que não compararam PPR Digital e PPR Convencional (24 artigos), higienização de prótese e microbiologia (31 artigos), outras temáticas odontológicas (254 artigos), tecnologia digital mas não aborda PPR (24 artigos), revisão sistemática (05 artigos), caso clínico ou relato de caso (14 artigos), materiais restauradores indiretos (22 artigos), resistência de união (16 artigos), fundição (04 artigos), estudos não odontológicos (23 artigos) e livros (06).

A partir dos artigos rastreados, 01 artigo estava duplicado entre o PubMed e Science Direct, assim resultando em 16 artigos selecionados. Dos artigos selecionados, o PubMed e o Science Direct apresentaram 03 artigos incluídos e 13 artigos

foram excluídos. Durante a busca manual, 02 artigos foram incluídos por fim totalizando 05 artigos para extração e análise dos dados. A Tabela 1 mostra a qualidade dos artigos revisados, Figura 1 a busca e seleção dos artigos, as Tabelas 2 e 3 mostram a summarização dos achados.

Tabela 1: Nível de evidência científica dos artigos incluídos na revisão integrativa, baseado no artigo de Demathé et al.⁸.

Autor (Ano)	Grau de Recomendação	Nível de Evidência
Arnold et al. (2017) ²	D	5
Soltanzadeh et al. (2018) ⁹	D	5
Tregerman et al. (2018) ⁴	B	2C
Chen et al. (2019)	D	5
Oh et al. ¹¹ (2022)	D	5

Fonte: Dados da Pesquisa

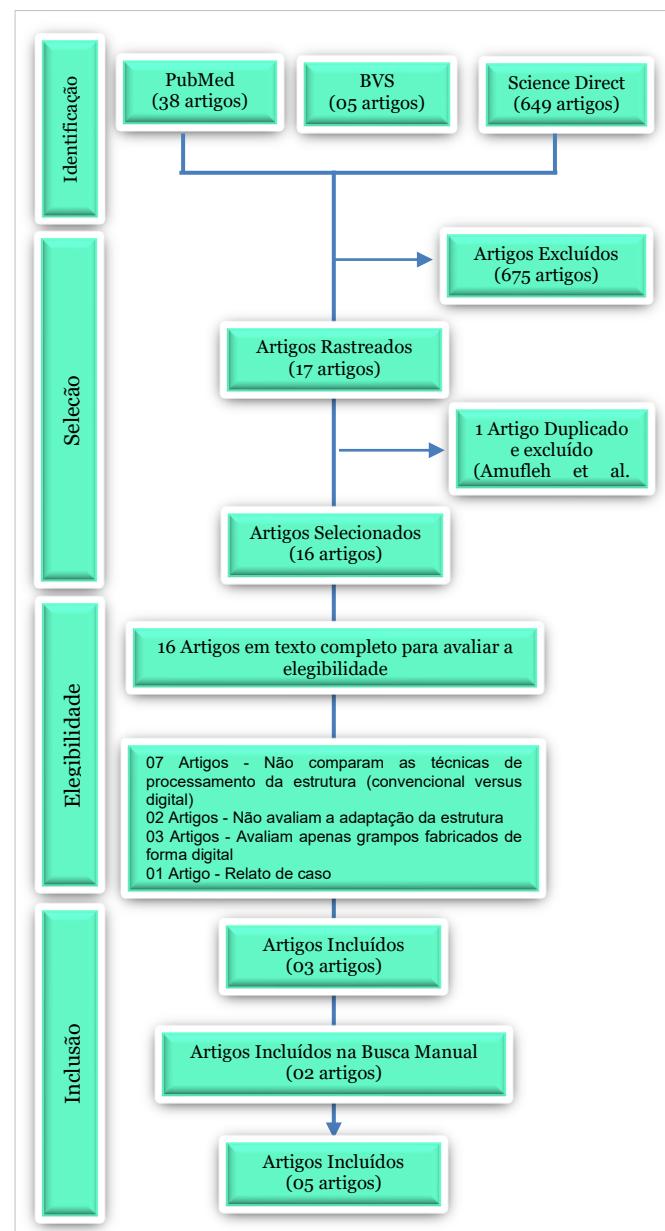


Figura 1: Fluxograma da seleção de artigos incluídos na revisão integrativa (Fonte: Dados da Pesquisa)

Tabela 2. Características dos estudos incluídos na revisão integrativa.

Arnold et al. (2017) ²	
Objetivos	Avaliar a adaptação de gramos fabricados por meio de 4 sistemas CAD-CAM e comparar com a técnica convencional.
Tipo de Estudo	<i>In vitro</i>
N amostral	03 Estruturas por grupo experimenta
Arcos	Maxila
Classe de Kennedy	Classe III Modificação 2
Dentes Pilares	Canino e Molar
Grupo Experimental	LWT (Técnica da cera perdida) RPi (Prototipagem Rápida Indireta) RPD (Prototipagem Rápida Direta) MII: (Fresagem Indireta); MID: (Fresagem Direta)
Análise de veracidade, precisão e adaptação	Adaptação dos gramos retentivos foi avaliado por microscopia óptica, através de linhas horizontais e verticais sobre os dentes pilares
Soltanzadeh et al. (2018) ⁹	
Objetivos	Avaliar a precisão geral e adaptação de modelos convencionais versus impresso em PPR fabricadas por CAD/CAM
Tipo de Estudo	<i>In Vitro</i>
N amostral	10 Estruturas por grupo experimental
Arcos	Maxila
Classe de Kennedy	Classe III Modificação 1
Dentes Pilares	Canino, Pré-Molar e Molar
Grupo Experimental	Grupo I: Moldagem Convencional + Modelo Convencional + Técnica da cera Perdida Grupo II: Moldagem Digital + Modelo Impresso + Processamento Digital Grupo III: Moldagem Convencional + Escaneamento do Modelo em Gesso + Processamento Digital Grupo IV: Moldagem Digital + Modelo Impresso + Técnica de cera perdida
Análise de veracidade, precisão e adaptação	Veracidade foi observada pela sobreposição das estruturas escaneadas em relação ao modelo mestre a partir de um software. Adaptação da estrutura ao modelo mestre em relação aos Apoios, Conector Maior; Gramos, Placa Proximal, foi mensurada através de pontos determinados por software; Precisão geral da estrutura pela sobreposição das imagens obtidas entre os grupos experimentais.
Tregerman et al. (2018) ⁴	
Objetivos	Determinar a qualidade das estruturas fabricadas por 03 métodos de fabricação diferentes: analógico, analógico-digital, combinado e digital
Tipo de Estudo	<i>In vivo</i> (Estudo Clínico Prospectivo)
N amostral	09 Pacientes
Arcos	Maxila; Mandíbula
Classe de Kennedy	Classe I Classe II Classe III
Dentes Pilares	-
Grupo Experimental	Analógico Analógico-Digital Digital
Análise de veracidade, precisão e adaptação	Adaptação da estrutura observada através de questionários com respostas de SIM/NÃO; Avaliadores calibrados e cegos pois não sabiam o método de confecção da PPR;
Chen et al. (2019) ¹⁰	
Objetivos	Avaliar a adaptação da superfície tecidual de PPRs fabricadas pela técnica fusão seletiva a laser
Tipo de Estudo	<i>In vitro</i>
N amostral	03 Estruturas por Classes de Kennedy para cada Processamento
Arcos	Maxila
Classe de Kennedy	Classe I Classe III Classe IV
Dentes Pilares	Incisivo lateral 1º Pré-molar Canino 2º Molar
Grupo Experimental	Tipo I (Classe I de Kennedy) Tipo II (Classe I de Kennedy Modificação 1) Tipo III (Classe III de Kennedy Modificação 1) Tipo IV (Classe IV de Kennedy)
Análise de veracidade, precisão e adaptação	Adaptação dos componentes da PPR em contato com tecidos orais (selas e conector maior) foi mensurada por cópia em silicone, realizada sobre o modelo de referência. As impressões sobre as estruturas foram escaneadas e também os modelos de referência, que através de software foram mensurados os gaps das imagens sobrepostas.

Fonte: Dados da Pesquisa

Tabela 2 (continuação). Características dos estudos incluídos na revisão integrativa.

Oh et al. (2022) ¹¹	
Objetivos	Avaliar a precisão de estruturas metálicas impressas em 3D em comparação com as estruturas convencionais e as estruturas fabricadas pela prototipagem rápida.
Tipo de Estudo	<i>In vitro</i>
N amostral	10 Estruturas por grupo experimental
Arcos	Maxila
Classe de Kennedy	Classe II Modificação 1
Dentes Pilares	Canino, Pré-Molar e Molar
Grupo Experimental	MEP (Fusão Seletiva a laser-Estruturas metálicas impressas em 3D) COM (Técnica da Cera Perdida) RPC (Prototipagem Rápida Indireta)
Análise de veracidade, precisão e adaptação	Adaptação da estrutura foi mensurada por cópia em silicone, realizada sobre o modelo de referência. As impressões foram escaneadas sobre os modelos de referência, do qual apenas a estrutura foi removida. Foram realizadas sobreposições do modelo de referência digitalizado e cópias em silicone. Por fim, são observados pontos específicos em relação ao conector maior e apoios

Fonte: Dados da Pesquisa

Tabela 3. Dados sobre o processamento da estrutura.

Arnold et al. (2017) ²	
Escaneamento (Fabricante)	Extraoral (scanner D900; 3Shape S.A).
Software de Planejamento (CAD)	3Shape-Dental Designer 2013 v2.8.8; 3Shape S.A
Desenho da Estrutura	Conector maior barra palatina simples Selas metaloplásticas Grampos de retenção modificados projetados usando o módulo para restaurações inlay
Material da Estrutura (Fabricante)	Liga Co-Cr (grupos LWT, RPi, MII) Organic P [Vitallium 2000] (Dentsply Sirona). Liga Co-Cr (grupo RPD) Remanium Star CL (Dentaurum GmbH & Co. KG) Poli-éter-éter-cetona (PEEK) (grupo MID) Juvora Dental Disc, PEEK-Optima (Juvora Ltd., Centro de Tecnologia)
Processamento da Estrutura (Fabricante)	Técnica da cera Perdida Prototipagem Rápida Indireta (Modelagem do padrão de cera através da impressão 3D, seguido pela fundição pela Técnica da cera perdida) Prototipagem Rápida Direta (Fusão Seletiva a laser) Fresagem Indireta (Fresagem do padrão de cera, seguido pela fundição pela Técnica da cera perdida) Fresagem Direta (CAD-CAM)

Soltanzadeh et al. (2018)⁹

Soltanzadeh et al. (2018) ⁹	
Escaneamento (Fabricante)	Intraoral (TRIOS 3 3Shape North America) -para o processamento das Estruturas Extraoral (Dental Wings iSeries, Montreal, Canada) - Para análise das Estruturas
Software de Planejamento (CAD)	3Shape Removable Partial Design; 3Shape North America (Grupo II e III)
Desenho da Estrutura	Conector Maior – Barra Dupla Retentores nos dentes pilares Placa Proximal Apoios Oclusal e em Cíngulo
Material da Estrutura (Fabricante)	Liga de Co-Cr
Processamento da Estrutura (Fabricante)	Técnica da cera Perdida Processamento Digital
Tregerman et al. (2018) ⁴	
Escaneamento (Fabricante)	Extraoral (D800; 3Shape)
Software de Planejamento (CAD)	Intraoral (3Shape TRIOS III; 3Shape)
Desenho da Estrutura	Dental System 2016 Premium; 3Shape
Material da Estrutura (Fabricante)	-
Processamento da Estrutura (Fabricante)	Liga de Co-Cr (EOS CobaltChrome SP2; EOS GmbH)
Escaneamento (Fabricante)	Técnica da cera Perdida Fusão Seletiva a laser

Fonte: Dados da Pesquisa

Tabela 3 (continuação). Dados sobre o processamento da estrutura.

Chen et al. (2019) ¹⁰	
Escaneamento (Fabricante)	Extraoral (IScan D104i; Imetric 3D SA)
Software de Planejamento (CAD)	3Shape Dental System 2013; 3Shape SA
Desenho da Estrutura	Classe I – conector maior cobertura total de palato e dois grampos/ conector maior cobertura total de palato e sem grampos; Classe III – conector maior barra dupla e quatro grampos; Classe IV – “conector maior palato anterior” com quatro grampos;
Material da Estrutura (Fabricante)	Liga de Co-Cr para Fusão Seletiva a Laser (Wironit, extra-dura; Bego GmbH & Co. KG); Composição 60,5% Cobalto, 28% Cromo, 9% Tungstênio, 1,5% Silício e <1% outros elementos como Manganês, Nitrogênio, Nióbio e Ferro) Liga de Co-Cr para Técnica da Cera Perdida (Wironit, extra-hard; Bego GmbH & Co. KG; Composição -63% de Cobalto, 30% de Cromo, 5% de Molibdênio, 1,1% de Silício e <1% de Manganês, Carbono, Níquel e Cádmio)
Processamento da Estrutura (Fabricante)	Técnica da cera Perdida Fusão Seletiva a laser (Mlab cusing R; Concept Laser GmbH)
Oh et al. (2022) ¹¹	
Escaneamento (Fabricante)	Extraoral (scanner de mesa (T500, Medit Co., Seul, Coréia)
Software de Planejamento (CAD)	Dental System versão 19.1.0, 3Shape A/S, Copenhagen, Dinamarca
Desenho da Estrutura	Conector maior cobertura total de palato e grampos de Akers para os retentores diretos
Material da Estrutura (Fabricante)	Liga de Co-Cr (grupo CON) (Bosil F, Degudent, Hanau,Alemanha) Liga de Co-Cr (grupo MEP) (Remanium star CL Manufacturer Dentaurum - Alemanha) Liga de Co-Cr (grupo RPC) (Resina para impressão - Cast, ODS, Incheon, Korea) (Bosil F, Degudent, Hanau,Alemanha)
Processamento da Estrutura (Fabricante)	Técnica da cera perdida Fusão seletiva a laser Prototipagem Rápida Indireta (Modelagem do padrão de resina e impressão 3D, seguido pela fundição -Técnica da cera perdida)

Fonte: Dados da Pesquisa

○ **Técnica Convencional versus Fluxo Digital**

Os resultados de adaptação para grampos modificados mostraram que o processamento da estrutura pela fresagem direta (grupo Mld) obteve ajuste significativamente superior ($P<0,001$), ou seja, menores valores de *gaps* entre os retentores e o modelo mestre. Enquanto os maiores valores de *gaps*, foram encontrados no grupo RPi (323 \pm 188 mm horizontal e 112 \pm 60 mm vertical) e no grupo RPd (365 \pm 205 mm horizontal e 363 \pm 133 mm vertical). Contudo, não houve diferença estatisticamente significativa entre Grupo LWT e o grupo MI direto para valores de mensuração horizontal e vertical². (Gráfico 1).

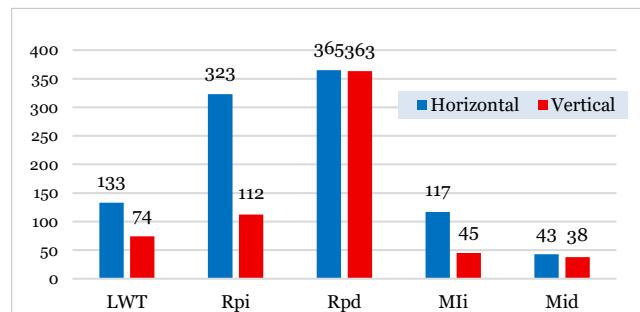


Gráfico 1: Dados de Adaptação (μm) dos grampos modificados no estudo de Arnold et al.²(Fonte: dados da Pesquisa)

A precisão geral das estruturas indica que o grupo I (convencional) possui melhor ajuste do que os grupos II, III, IV (digital), sendo esses dados estatisticamente significativos ($p<0,05$). Porém, entre os *gaps* gerais das estruturas dos grupos I e IV ($P=0,68$) e entre os grupos II e III ($P=0,65$) não houve diferença estatisticamente significativa. Os valores medidos para apoios, braço de reciprocidade e conector maior foram menores que 50 μm, que representam contatos próximos, enquanto os valores médios para os braços de retenção foram de 0,41 mm. o Grupo III apresentou os maiores valores de *gaps* dentre os grupos experimentais, sendo estatisticamente significativo ($p<0,05$). Conectores maiores obtiveram os menores valores de *gaps* para as estruturas convencionais (0,04 mm) em relação às estruturas digitais (0,2 mm) ($P=0,01$). Os *Gaps* foram significativamente diferentes para as estruturas fundidas sobre os modelos em resina impressa e em gesso ($P<0,05$)⁹. (Gráfico 2)

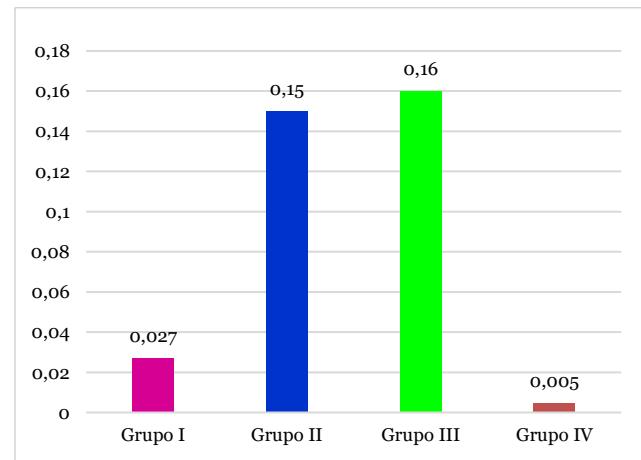


Gráfico 2: Dados de precisão geral (mm) das estruturas no estudo de Soltanzadeh et al.⁹(Fonte: Dados da Pesquisa)

Os achados da pesquisa clínica de Tregerman et al.⁴ confirmaram que o método totalmente digital foi estatisticamente significativo ($p<0,001$), comparado aos demais métodos. O método convencional obteve resultados superiores ao método convencional-digital ($p=0,008$). Também não houve diferença na confecção da estrutura entre as Classes de Kennedy. As áreas críticas de adaptação foram principalmente em torno de tecidos duros e limitados em tecido mole. (Gráfico 3).

O tipo de desenho e processamento da estrutura apresentam-se com interação estatística para média dos *gaps* ($p<0,001$). Somente o tipo de desenho foi estatisticamente significativo para o valor máximo de *gap* ($P=0,013$). Entre os processamentos, houve diferença estatisticamente significativa ($p<0,001$) para a média dos *gaps* para os arcos Tipo I e II, sabendo que a fusão seletiva a laser promoveu maiores *gaps*. Em relação aos arcos Tipo III e IV não diferiram estatisticamente entre os processamentos para as médias de *gaps*.

Para a técnica convencional a o desenho Tipo III demonstrou maiores valores médio de *gap* em relação aos demais desenhos¹⁰ (Gráfico 4).

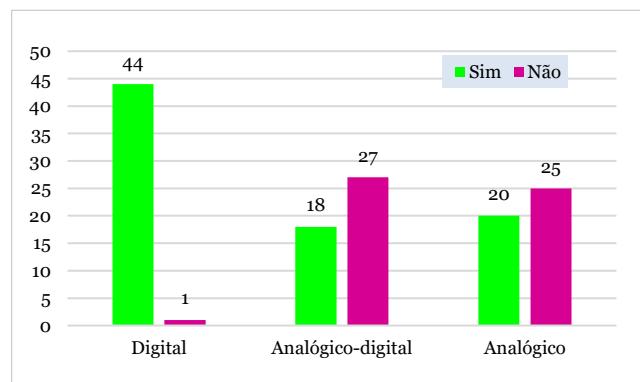


Gráfico 3: Dados referentes às respostas dos avaliadores (Sim ou Não) em relação a pergunta “Se todos os apoios estão totalmente assentados conforme preparados e projetados. Nenhuma diferença perceptível entre dente e metal.”, presente no estudo de Tregerman et al.⁴ (Fonte: Dados da Pesquisa).

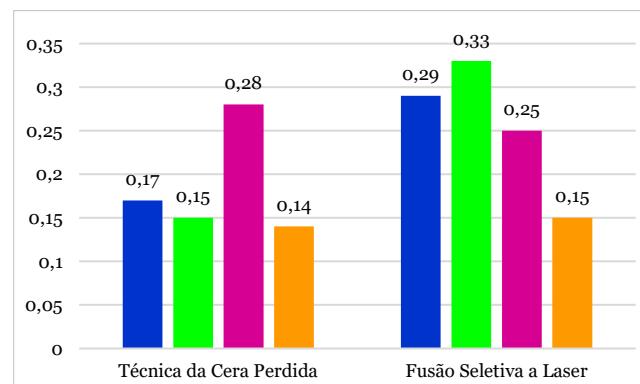


Gráfico 4: Dados da média dos *gaps* (mm) entre modelos e estruturas no estudo de Chen et al.¹⁰ (Fonte: Dados da Pesquisa).

Os dados para discrepância interna das estruturas (IDO) foram $279,72 \pm 95,41 \mu\text{m}$ para o grupo CON, $241,02 \pm 14,03 \mu\text{m}$ para o grupo MEP e $331,70 \pm 33,60 \mu\text{m}$ para o grupo RPC. Para a área do palato (IDP) os achados foram $292,92 \pm 109,63 \mu\text{m}$ para o CON grupo, $250,72 \pm 15,55 \mu\text{m}$ para o grupo MEP, e $355,84 \pm 33,75 \mu\text{m}$ para o grupo RPC. Por último para área de apoios (IDR), $240,12 \pm 64,99 \mu\text{m}$ para o grupo CON, $211,91 \pm 16,84 \mu\text{m}$ para o grupo MEP e $259,26 \pm 45,41 \mu\text{m}$ para o grupo RPC. No entanto, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre as discrepâncias internas dos três grupos em relação a estrutura como todo ($p = 0,558$), área do palato ($p = 0,774$) e área do apoio ($p = 0,542$)¹¹ (Gráfico 5).

o Clinicamente Aceitável

Conforme os achados das pesquisas de Arnold et al.², Tregermann et al.⁴ e Oh et al.¹¹, as estruturas de PPR fabricadas por fluxo digital podem ser aplicadas clinicamente. Na pesquisa de Soltanzadeh et al.⁹, as mensurações para apoio, braço de reciprocidade e conector maior foram aceitáveis clinicamente, porém não em relação ao

braço de retenção. Para Chen et al.¹⁰, as estruturas fabricadas pela fusão seletiva a laser também alcançaram uma adaptação aceitável. Entretanto, estruturas com mais retentores e selas extensas a adaptação da técnica convencional foi um pouco melhor que a técnica da fusão seletiva a laser.

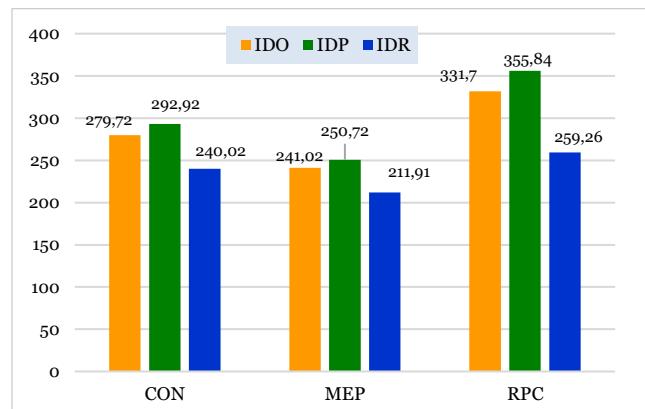


Gráfico 5: Dados de discrepância interna (μm) da estrutura presente no estudo de Oh et al.¹¹.

DISCUSSÃO

Esta revisão integrativa da literatura apresentou apenas cinco artigos incluídos, que apresentavam semelhantes objetivos avaliados. No entanto, 04 artigos eram estudos *in vitro* e apenas 01 artigo *in vivo*. Este cenário demonstra neste momento a escassez de estudos sobre a temática^{1,5}, principalmente quanto à comparação entre as técnicas de fabricação da estrutura. Por isso, se fazem importantes pesquisas que revisem a literatura, a fim de esclarecer e ampliar a visão do cirurgião-dentista sobre o uso do fluxo digital em PPR.

Embora a maioria das pesquisas mostram baixa evidência científica por serem estudos laboratoriais, todas relatam que o fluxo digital em PPR pode ser aplicado clinicamente, estando de acordo com outras evidências científicas^{3,6,7}. Mesmo assim, os achados dos artigos incluídos para revisão não são conclusivos, pois há artigos que as técnicas digitais não representam superioridade a técnica convencional⁹⁻¹¹. Enquanto outras pesquisas^{2,4}, a técnica convencional mostrou resultados inferiores às técnicas digitais. Dessa forma, a pergunta norteadora não pode ser respondida positivamente, quanto adaptação, veracidade e precisão das estruturas em PPR obtidas por fluxo digital.

Há relatos na literatura^{1,6,7}, que PPRs fabricadas por fluxo digital apresentam resultados de acurácia superiores as PPRs fabricadas de forma convencional, corroborando com os achados de Arnold et al.² e Tregerman et al.⁴. Estes resultados positivos em relação ao fluxo digital, podem ser explicados pelo estudo de Arnold et al.² (2018) avaliar apenas a adaptação de gramos modificados e não a estrutura em sua totalidade. Ye

et al.¹ também observaram o mesmo resultado de força de retenção satisfatória, resistência e estética para estruturas de PEEK e com melhor adaptação do que as PPRs convencionais.

No estudo de Tregerman et al.⁴ ao adotar o uso do scanner intraoral para capturar as imagens dos arcos parcialmente edêntulos, favorece uma cópia mais precisa. Outras pesquisas^{9,10} não alcançam resultados favoráveis por fazerem o uso de scanner extraoral, que apresenta precisão inferior de cópia que o scanner intraoral para arcos parcialmente edêntulos¹². Ou seja, as estruturas consequentemente terão maiores *gaps*. Um estudo clínico sobre satisfação dos pacientes entre PPRs fabricadas pela técnica convencional ou pela técnica da fusão seletiva a laser, obteve diferença estatística significativa entre as técnicas de fabricação. Os pacientes estavam mais satisfeitos com PPRs fabricadas pelo fluxo digital, por estas favorecerem ao conforto, limpeza da prótese, eficiência mastigatória e fonação⁶.

As pesquisas em que PPRs fabricadas pelo fluxo digital obtiveram resultados inferiores ou equivalentes a técnica convencional se deve talvez pelo do scanner extraoral para realizar a avaliação da veracidade e adaptação, enquanto para capturar a imagem do arco fez uso de um scanner intraoral. Dessa forma, uma ferramenta com acurácia mais limitada é adotada, obtendo resultados inferiores. Mesmo que tenha sido adotada a metodologia da sobreposição, que é possível coletar muitos pontos e computar o melhor ajuste entre o modelo de referência e a estrutura. Também há uma questão laboratorial, pode haver distinção entre os fabricantes da estrutura. Geralmente, há um laboratório comercial para fabricação das PPRs convencionais e um segundo laboratório para as estruturas digitais, condição que deve ser investigada⁹.

Nos achados de Chen et al.¹⁰ apenas PPRs fabricadas para arcos Classe I de Kennedy extensos mostraram resultados estatisticamente aquém da técnica convencional, pois para os arcos Classe III e IV de Kennedy não houve diferença entre as técnicas. Parece que esse resultado se deve à complexidade da estrutura, talvez o CAD se mostre limitado para fabricação². Por fim, a ausência de diferença estatística entre as técnicas no estudo de Oh et al.¹¹ se deve ao método de adaptação adotado. Os pontos da réplica de silicone são observados em direção superior e não em direção inferior do contato com o modelo de referência, talvez esse método possa gerar resultados falso-positivos. Carneiro Pereira et al.⁷ afirmam que resultados distintos entre as pesquisas, se devem a cada artigo aplicar metodologias diferentes, pequenos tamanhos amostrais e pela questão subjetiva para avaliação da adaptação.

Nesta revisão de literatura observou-se

variedade de técnicas digitais para fabricação da estrutura, como manufaturas aditivas, a fusão seletiva a laser e prototipagem indireta, e manufaturas de subtração, fresagem direta com PEEK e fresagem indireta associada a fundição. Mas não é possível a partir dos dados desta pesquisa determinar a melhor técnica digital em PPR, pois apenas o estudo de Arnold et al.² confrontou todas as técnicas e também não é objetivo da revisão. A fusão seletiva a laser é a técnica mais frequente entre os artigos incluídos, porém o uso clínico pode ser limitado pelo custo elevado e processamento ainda não estabelecido⁷. A configuração de cada parâmetro no processo de impressão metálica tem uma influência importante na precisão. Em particular, o tamanho do ponto do laser adequado para fundir o pó metálico, o caminho e a velocidade da varredura do laser são fatores-chave que afetam a precisão da impressão¹⁰. Quanto aos materiais, foram identificados o PEEK e a Liga de Co-Cr, sendo importante destacar o uso do PEEK como uma opção não metálica para estrutura em PPR. O PEEK é um polímero com propriedades físicas, mecânicas e biológicas capaz de substituir ligas metálicas¹³ e tem sido amplamente aceito por causa da estética melhorada em PPR⁵.

As limitações desta revisão se devem ao número reduzido e baixa evidência científica dos artigos incluídos para análise dos dados. Dessa forma, inviabiliza extrapolar os dados para clínica diária. Também pela heterogeneidade de metodologias e técnicas de fabricação da estrutura relatadas nas pesquisas, nomenclaturas incoerentes e ausência de detalhamento experimental são fatores que dificultam a discussão dos dados.

Estudos futuros precisam otimizar a acurácia das técnicas digitais para fabricação da estrutura. Avaliar a variedade de impressoras de metal e determinar protocolos ideais para fabricação das estruturas. Além de realizar pesquisas clínicas com elevado grau de evidência científica, a fim de validar a técnica digital para estrutura mais precisa, vantajosa para o cirurgião-dentista e técnico em prótese dentária em relação ao tempo e custo, por fim que promova maior satisfação para o paciente.

CONCLUSÃO

Os achados da revisão integrativa da literatura observaram que estudos *in vitro* e *in vivo* sobre a fabricação da estrutura para PPR são escassos. As estruturas de PPR fabricadas pelo fluxo digital apresentam adaptação, veracidade e precisão inconclusivas em comparação à técnica convencional. Contudo, os valores de *gaps* observados entre os estudos para as estruturas digitais estavam dentro do limite clínico aceitável para PPRs.

REFERÊNCIAS

1. Ye H, Li X, Wang G, Kang J, Liu Y, Sun Y, Zhou Y. A Novel Computer-Aided Design/Computer-Assisted Manufacture Method for One-Piece Removable Partial Denture and Evaluation of Fit. *Int J Prosthodont*. 2018;31(2):149-151.
2. Arnold C, Hey J, Schreyen R, Setz JM. Accuracy of CAD-CAM-fabricated removable partial dentures. *J Prosthet Dent*. 2018;119(4):586-592.
3. Fueki K, Inamochi Y, Wada J, Arai Y, Takaichi A, Murakami N, et al. A systematic review of digital removable partial dentures. Part I: Clinical evidence, digital impression, and maxillomandibular relationship record. *J Prosthodont Res*. 2022;66(1):40-52.
4. Tregerman I, Renne W, Kelly A, Wilson D. Evaluation of removable partial denture frameworks fabricated using 3 different techniques. *J Prosthet Dent*. 2019;122(4):390-395.
5. Pordeus MD, Santiago Junior JF, Venante HS, Bringel da Costa RM, Chappuis Chocano AP, Porto VC. Computer-aided technology for fabricating removable partial denture frameworks: A systematic review and meta-analysis. *J Prosthet Dent*. 2022;128(3):331-340.
6. Almufleh B, Emami E, Alageel O, de Melo F, Seng F, Caron E, et al. Patient satisfaction with laser-sintered removable partial dentures: A crossover pilot clinical trial. *J Prosthet Dent*. 2018;119(4):560-567.e1.
7. Carneiro Pereira AL, Bezerra de Medeiros AK, de Sousa Santos K, Oliveira de Almeida É, Seabra Barbosa GA, da Fonte Porto Carreiro A. Accuracy of CAD-CAM systems for removable partial denture framework fabrication: A systematic review. *J Prosthet Dent*. 2021;125(2):241-248.
8. Demathhé A, Silva ARDS, Carli JP, Goiato MC, Miyahara GI. Odontologia baseada em evidências: otimizando a prática e a pesquisa. RFO. 2012;17(1):96-100.
9. Soltanzadeh P, Suprono MS, Kattadiyil MT, Goodacre C, Gregorius W. An In Vitro Investigation of Accuracy and Fit of Conventional and CAD/CAM Removable Partial Denture Frameworks. *J Prosthodont*. 2019;28(5):547-555.
10. Chen H, Li H, Zhao Y, Zhang X, Wang Y, Lyu P. Adaptation of removable partial denture frameworks fabricated by selective laser melting. *J Prosthet Dent*. 2019;122(3):316-324.
11. Kim S, Oh KC, Kim JH. Accuracy of Mandibular Removable Partial Denture Frameworks Fabricated by 3D Printing and Conventional Techniques. *Materials (Basel)*. 2024;17(13):3148.
12. Schimmel M, Akino N, Srinivasan M, Wittneben JG, Yilmaz B, Abou-Ayash S. Accuracy of intraoral scanning in completely and partially edentulous maxillary and mandibular jaws: an in vitro analysis. *Clin Oral Investig*. 2021;25(4):1839-1847.
13. Galvão IAG, de Carvalho PC, Feitosa RS, de Sousa EI, Grangeiro, MTV, Figueiredo V. Propriedades biomecânicas do poli-éter-éter-cetona (PEEK) e sua aplicação na clínica odontológica: uma revisão de literatura. *J Dent Public Health*. 2020;11(1):62-72.

CONFLITO DE INTERESSES

Os autores declaram não haver conflitos de interesse

AUTOR PARA CORRESPONDÊNCIA

Viviane Maria Gonçalves de Figueiredo

DEPPCBF - Departamento de Protese e Cirurgia Buco-Facial – CCS
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)
50670-901 Recife - PE, Brasil
E-mail:vivi_mfigueiredo@yahoo.com.br

Submetido em 23/05/2025

Aceito em 31/05/2025