

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
HOSPITAL DE REABILITAÇÃO DE ANOMALIAS CRANIOFACIAS

LEONARDO PORTILHA GOMES DA COSTA

**Estudo de impressoras 3D e de softwares aplicados para  
simulação virtual do sorriso durante o planejamento e  
tratamento reabilitador em Dentística Restauradora**

BAURU  
2021

LEONARDO PORTILHA GOMES DA COSTA

**Estudo de impressoras 3D e de softwares aplicados para  
simulação virtual do sorriso durante o planejamento e  
tratamento reabilitador em Dentística Restauradora**

Dissertação constituída por artigo apresentada ao Hospital de Reabilitação de Anomalias Craniofaciais da Universidade de São para obtenção do título de Mestre em Ciências da Reabilitação, na área de concentração Fissuras Orofaciais e Anomalias Relacionadas.

Orientadora Profa. Dra. Alessandra Mazzo

BAURU  
2021

Costa, Leonardo Portilha Gomes

Estudo de impressoras 3D e de softwares aplicados para simulação virtual do sorriso durante o planejamento e tratamento reabilitador em Dentística Restauradora / Leonardo Portilha Gomes da Costa - Bauru, 2021.

85 p. : il. ; 31 cm.

Dissertação (Mestrado) - Fissuras Orofaciais e Anomalias Relacionadas - Hospital de Reabilitação de Anomalias Craniofaciais, Universidade de São Paulo, 2021.

Orientadora Profa. Dra. Alessandra Mazzo

1. Impressão tridimensional. 2. Digital smile design. 3. Softwares odontológicos. 4. Dentística. 5. Reabilitação.

Autorizo, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação/tese, por processos fotocopiadores e outros meios eletrônicos.

Assinatura: \_\_\_\_\_

Bauru, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_ .

## ERRATA

## FOLHA DE APROVAÇÃO

---

---

## DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho  
ao Hospital de Reabilitação de Anomalias Craniofaciais,  
por promover saúde e educação em diversas áreas do conhecimento,  
além dos cuidados integrais aos pacientes com Fissuras Labiopalatina*

---

---

---

## AGRADECIMENTOS

### **À Deus,**

Nosso Pai Todo-Poderoso, que nos guia iluminando a cada jornada, proporcionando discernimento e forças para superarmos os momentos mais difíceis da vida.

*“Tudo tem o seu tempo determinado,  
e todo propósito debaixo do céu tem o seu tempo”.*

*Eclesiastes 3:1*

### **À família,**

Agradeço, primeiramente, a minha mãe, Liberta Portilha da Costa, que sempre me acolheu, compreendeu minhas dificuldades, incentivou-me nos momentos em que mais precisei, em todas as fases de minha vida.

Ao meu pai, José Gomes da Costa, por ter me criado e ajudado diversas vezes, e que teve a paciência de ver os meus sonhos a se realizarem. Muito obrigado.

Ao meu irmão, Guilherme Portilha Gomes da Costa, pela inteligência, generosidade e proteção.

Aos animais de estimação, Sofia, Shakira e Nina, sempre dóceis e sensíveis toda vez que retornava para visitar minha família, na minha cidade natal.

À minha avó Ana Rosa e a meu tio Chico, pela paz, tranquilidade e simplicidade.

As minhas madrinhas, de batismo tia Cidinha e a de crisma tia Alice, que com muito amor, sempre me presenteou através de carinhos ou lembranças.

---

---

---

Aos meus primos paternos, William Fabiano, Vinicius, João Pedro, Bruno, Thaís, Mariana, que mesmo distante nos dias atuais, guardo boas recordações da juventude. As minhas primas maternas, Elaine, Aline, Selma, Mayra, Lia, Angélica, Ana Flávia, Rafael, Natanael, Humberto, entre outros primos, que me proporcionou alegria e se fizeram presentes durante fases de minha vida. Desejo muita paz e saúde.

Agradeço a todos os meus parentes, *in memoriam* aos meus tios, Eduardo e Nair, grandes incentivadores e que deixou saudades durante o andamento no mestrado.

### **Aos amigos,**

À Claudia Busch, amiga empática, ética e especial.

A Luiza Anjos, Thalissa Laís e Natasha Silingovschi, colegas que conheci durante a Residência Multiprofissional e que me ajudaram, em momentos, proporcionando felicidade e amadurecimento.

Ao grupo de amigos formado pelo Centrinho, Alyssa Obeid, Talyta Jurkevicz, Carla Grizel, Ytalo Freitas, Grazielle Schmitd e Mariana Paskakulis, que por meio do Curso de Extensão, pudemos continuar a parceria, seja através de encontros presenciais ou por mensagens no grupo do “*WhatsApp*”.

As minhas vizinhas de apartamento, as dominicanas Laura Ferreira Peralta e Katerin Encarnación Montero, por terem sido amigas nos momentos mais árduos das pós-graduações.

Ao Flavio Henrique e à Isis Omoto, amigos conterrâneos da cidade de Junqueirópolis.

---



---

---

À Josiane Braga Scarpa e a Profa. Dra. Mariana Dias Moda, amigas especiais de Graduação. Muito obrigado pela paciência e compreensão. Torço muito para o sucesso e felicidade de cada uma.

Ao Seu Vanderlei Fernandes, proprietário do apartamento onde residi em Bauru, senhor que me ajudou bastante e foi amigo em vários instantes.

Ao Nosso Senhor Jesus Cristo, mestre amigo, fiel, em que NELE podemos confiar sempre, em cada trajetória.

**Aos Docentes,**

À Profa. Dra. Ana Paula Fukushiro e Profa. Dra. Ana Lúcia Pompéia Fraga de Almeida, responsáveis, respectivamente, na disciplina I e II da “Clínica interdisciplinar aplicada às fissuras orofaciais”.

Ao Prof. Dr. Renato Yassutaka Faria Yaedú, que coordenou a disciplina de “Bioengenharia tecidual” de modo excepcional.

À Profa. Dra. Simone Soares e à Profa. Ana Lúcia Pompéia Fraga de Almeida, que ministraram a disciplina de “Odontologia na reabilitação das fissuras orofaciais”, onde puderam esclarecer a importância do tratamento odontológico geral e especializados nos indivíduos com fissuras no HRAC, sendo o grande diferencial desta instituição quando comparados aos outros centros nacionais e mundiais no tratamento das anomalias.

Ao Prof. Dr. Joel Ferreira Santiago Junior, que integrou as aulas de “Metodologia” e “Bioestatística”, matérias fundamentais aplicadas as pesquisas científicas.

---

---

---

Aos docentes de “Metodologias ativas de ensino aprendizagem na Educação Superior”, Prof. Dr. Gerson Alves Pereira Junior, Profa. Dra. Alessandra de Andrade Lopes, Profa. Dra. Izabel Cristina Meister Martins Coelho e Profa. Dra. Manuela Costa Melo, por terem viabilizado diferentes recursos didáticos, em novos tempos do ensino superior, cada vez mais integrado e tecnológico.

À Profa. Dra. Jeniffer de Cassia Rillo Dutka, ao Prof. Dr. Chao Lung Wen e a Profa. Dra. Wanderleia Quinhoneiro Blasca, por terem fornecido a disciplina de “Telessaúde como ferramenta de ensino, pesquisa e assistência”.

A Profa. Dra. Maria de Lourdes Merighi Tabaquim e a Profa. Dra. Maria Aparecida Miranda de Paula Machado, que lecionaram a disciplina de “Preparação pedagógica” de forma magnífica.

Aos docentes de outras instituições da Universidade de São Paulo. Aos da disciplina de “Reabilitação virtual”, do Programa de Ciência da Reabilitação da Faculdade de Medicina (FMUSP), Prof. Dr. Carlos Bandeira de Mello Monteiro, Profa. Dra. Talita Dias da Silva, Prof. Dr. José Eduardo Pompeu e Profa. Dra. Maria Elisa Pimentel Piemonte, que através das aulas online, puderam mostrar a importância da realidade virtual, seja ela imersiva ou não, para a reabilitação física e cognitiva nos pacientes com dificuldades motoras.

Aos professores da disciplina de “Aspectos atuais em pesquisa em Odontologia Digital e Inteligência Artificial”, do Programa de Diagnóstico Bucal, Radiologia Odontológica e Imaginologia pela Faculdade de Odontologia (FOUSP), Prof. Dr. Claudio Costa, Prof. Dr. Arthur Rodriguez Gonzalez Côrtes, Prof. Dr. Rubens Spin Neto, Prof. Allan Alcântara, Prof. Jun Ho Kim e Prof. Renan Lúcio Berbel da Silva, por terem ensinados, através de aulas assíncronas, os princípios e aplicações da Odontologia digital nas diversas especialidades odontológicas, além de transmitir informações sobre bases da automação e das tecnologias de scanner e impressoras 3D, auxiliando em pesquisas em áreas correlatas.

---

Ao Prof. Dr. Fernando Vernilli Junior, da Escola de Engenharia de Lorena (EEL-USP), pela oportunidade de realizar a disciplina de “Cerâmica física” de forma virtual. Agradeço pelos valiosos ensinamentos sobre as estruturas químicas, o modo de processamento e as propriedades físicas dos materiais cerâmicos, matéria prima muito utilizada por suas características especiais no campo da Odontologia Estética.

As docentes do Programa de Odontologia na área de Dentística da FOU SP, Profa. Dra. Miriam Lacalle Turbino, Profa. Dra. Adriana Bona Matos e Profa. Dra. Luciana Fávaro Francisconi dos Rios, por terem conduzido de maneira espetacular a disciplina de “Estética Dental”.

As professoras da disciplina de “Prática docente no Ensino Superior” realizada na Faculdade de Odontologia de Bauru (FOB-USP), Profa. Dra. Dagma Venturini Marques Abramides, Profa. Dra. Deborah Viviane Ferrari, Profa. Dra. Maria Regina Cavalcante, por terem instruído, de forma didática e prática, os papéis fundamentais exercidos pelo professor nas Faculdades.

Ao Prof. Dr. Paulo Sérgio da Silva Santos, que coordenou o Curso de Habilitação em Odontologia Hospitalar, em que tive a honra de realizar previamente (ago.2017 / mai.2018) pela FUNBEO em parceria com a FOB-USP. Agradeço pelas orientações e aprendizagem para que eu pudesse desempenhar o mestrado da melhor forma possível dentro do ambiente hospitalar.

À querida Profa. Dra. Sílvia Helena de Carvalho Sales Peres, docente ilustre, pomposa e brilhante, que foi importantíssima no início da minha pós graduação *stricto sensu*, contribuindo grandemente a tomar as melhores decisões acadêmicas.

À minha orientadora do curso de especialização em Dentística, Profa. Dra. Tamires de Luccas Bueno, um ser humano iluminada, dedicada e atenciosa. Agradeço por ter sido banca na minha qualificação do mestrado e pelos ensinamentos ao longo dos anos.

---

---

---

Ao Prof. Dr. Leandro Yukio Mano, Cientista da Computação e Pós Doutorando em Telemedicina e Telessaúde da Universidade do Rio de Janeiro (UERJ), por ter me ajudado e colaborado em pesquisas durante a pós, além de ter sido banca na minha qualificação.

Em agradecimento especial, à minha orientadora do mestrado, a Profa. Dra. Alessandra Mazzo, por ter me proporcionado diversas oportunidades de crescimento pessoal e profissional. Obrigado pela confiança, amparo, por todos os ensinamentos e liberdade aos estudos, para que pudesse desenvolver o PPG em Ciência da Reabilitação e o trabalho de Dissertação da melhor forma possível, contribuindo cientificamente para a Universidade. Agradeço por ser uma mulher amiga e ter sido uma admirável Professora, Doutora, Profissional e Orientadora para mim, por desejar o bem de todos os seus alunos e, também, pela calma, paciência, sabedoria, segurança, conhecimentos. Além de tudo, como inspiração de ser humano a ser espelhado, demonstrados tanto na parte de ensino quanto nos cuidados práticos e proteção do ambiente de trabalho, se dedicando com muito empenho na coordenação do Centro de Educação e Capacitação em Saúde, um excelente laboratório de habilidades e de simulações clínicas da Universidade de São Paulo.

Agradeço a todos os docentes que passaram pela minha vida, seja acadêmica ou não, diretamente ou indiretamente através de aulas, palestras, trabalhos científicos, congressos, simpósios, jornadas, oficinas, encontros, conferências, cursos a distâncias, entre outros. Enfim, aos mestres que se preocupam em modificar a educação das pessoas para uma sociedade melhor.

*“Ensinar não é transferir conhecimentos,  
mas criar as possibilidades para a sua própria produção  
ou a sua construção”.*

*Paulo Freire*

---

---

---

## **Aos Hospital de Reabilitação de Anomalias Craniofaciais,**

Agradeço imensamente ao HRAC/USP, conhecido carinhosamente pelo “Centrinho”, por seus diversos setores, equipes, funcionários, corpo docente, alunos e pacientes, pelo espaço, acolhimento e oportunidade de aprendizado coletivo, multidisciplinar e humanizado.

Ao Chefe da Seção de Reabilitação Clínica Integrada do HRAC/USP, Prof. Dr. Luis Augusto Esper, por trabalhar de forma assídua no setor de Periodontia do Hospital, em harmonia com outros profissionais da área presente.

A Profa. Dra. Lidiane de Castro Pinto, do setor de Endodontia, que me recebeu, de forma muito agradável, no primeiro setor odontológico em que atuei no Programa de Residência Multiprofissional em Síndromes e Anomalias Craniofaciais (mar. 2014 / fev. 2016), momento inicial dos meus estudos no HRAC/USP.

Aos Cirurgiões-Dentistas do setor de Prótese Dentária e Implantodontia, Prof. Dr. João Henrique Nogueira Pinto, Prof. Dr. José Fernando Scarelli Lopes, Profa. Dra. Mônica Moraes Waldemarin Lopes, Prof. Dr. Rafael D'Aquino Tavano, Profa. Dra. Regina Magrini Guedes de Azevedo, Prof. Dr. Flávio Monteiro Amado, por ter possibilitado conhecimentos de reabilitação oral durante a atividade prática na disciplina de “Clínica interdisciplinar aplicada às Fissuras Orofaciais I”, durante o mestrado.

Aos profissionais do setor de Dentística, a querida Profa. Dra. Nádia da Rocha Svizero, que foi minha tutora e orientadora do programa de residência multiprofissional; o Prof. Dr. Aparício Fiuza de Carvalho Dekon, a Profa. Dra. Naiara Araújo de Oliveira e a Profa. Dra. Lilian Shitomi Matsunaga Diniz, bem como a Técnica de Saúde Bucal, Esdra dos Santos Generoso, e a todas as colegas da minha turma de especialização em Dentística: Biane, Veronica, Cláudia, Joana, Marcella, Ana Beatriz, Thalissa, Patrícia e Flavia, que contribuíram bastante na aprendizagem durante dois anos bem intensos no HRAC/USP (mar. 2016 / fev. 2018).

---

---

---

Ao Reitor da USP, Sua Magnificência, Prof. Dr. Vahan Agopyan, por planejar, dirigir e coordenar todas as atividades da Universidade.

Ao Pró-Reitor de Pós-Graduação da USP, S. Exa. Prof. Dr. Carlos Gilberto Carlotti Júnior, bem como à Pró-Reitora de Cultura e Extensão Universitária da USP, S. Exa. Profa. Dra. Maria Aparecida de Andrade Moreira Machado, por prestarem os melhores serviços às atividades finalísticas da Universidade, seja através do Ensino, Pesquisa ou Extensão.

Ao Excelentíssimo Senhor Prof. Dr. Carlos Ferreira dos Santos, Diretor da Faculdade de Odontologia de Bauru e Superintendente do Hospital de Reabilitação de Anomalias Craniofaciais, por conduzir os avanços na comunidade acadêmica e científica da Universidade de São Paulo no Campus de Bauru.

Ao Ilustríssimo Prof. Dr. José Alberto de Souza Freitas, “Tio Gastão”, um dos fundadores e grande empreendedor do Centro de Pesquisa e Reabilitação de Lesões Lábios-Palatais – o atual Hospital Centrinho/USP, que é referência internacional no tratamento dos indivíduos com anomalias craniofaciais.

À Presidente da Comissão de Pós-Graduação do HRAC-USP e Coordenadora do Programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação em Fissuras, Sua Senhoria, Profa. Dra. Ivy Kiemle Trindade Suedam, e a Vice Coordenadora do PG., Profa. Dra. Jeniffer de Cássia Rillo Dutka, pelo acolhimento durante o processo seletivo e pelo empenho e didática aos alunos durante as reuniões da Pós, para que pudéssemos ter uma formação de excelência.

A Chefe da Seção de Pós-Graduação, Lucy Honda Higashi, por ter me atendido e ouvido em vários momentos. E as secretárias de Pós-Graduação, Ana Regina e Lavínia, pela assistência e informações que foram necessárias para o melhor desempenho estudantil.

---

---

---

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação – “Fissuras Orofaciais e Anomalias Relacionadas”, pelas oportunidades dos estudos transdisciplinares, bem como em pesquisas na minha área de atuação.

Aos colegas de mestrado, Carla, Carmen, Aline, Giovana, Pollyana, Rafaela, Leopoldo, Hagatta, entre outros discentes, nos quais pude fazer parcerias no desenvolvimento das atividades. Obrigado pelo apoio e suporte ao longo da caminhada.

À Chefe Técnica da Biblioteca da Faculdade de Odontologia de Bauru, Profa. Cybelle de Assumpcao Fontes, pelas orientações de metodologia científica.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, CNPq (processo: 157787/2019-2) pela concessão da bolsa de mestrado, auxílio indispensável na elaboração dos trabalhos científicos.

Ao município de Bauru, do Estado de São Paulo, por ter vivido de forma plena e de ter tido o privilégio de estudar em uma das melhores instituições pública do país.

Ao Universo, por me ajudar, de todas as formas, para que os meus sonhos se tornassem em realidade. Gratidão.

---





---

---

*“Os que se encantam com a prática sem a ciência são como os timoneiros que entram no navio sem timão nem bússola, nunca tendo certeza do seu destino”.*

***Leonardo da Vinci***

---



## RESUMO

Costa LPG. Estudo de impressoras 3D e de softwares aplicados para simulação virtual do sorriso durante o planejamento e tratamento reabilitador em Dentística Restauradora [dissertação]. Bauru: Hospital de Reabilitação de Anomalias Craniofaciais, Universidade de São Paulo; 2021

As tecnologias digitais vêm ocupando um espaço cada vez maior dentro da ciência reabilitadora e nas áreas clínicas odontológicas. O estudo teve como objetivo em revisar a literatura sobre as técnicas e materiais de impressão em 3D e, através de uma revisão de escopo, procurou identificar os diferentes softwares de simulação virtual do sorriso utilizados para o planejamento e tratamento reabilitador dentro da especialidade de Dentística Restauradora. Material e Método: Foi desenvolvido pesquisas nas áreas de Odontologia Digital e Dentística Restauradora. O estudo consistiu em aprofundar os conhecimentos em tecnologias, por meio de revisões nos bancos de dados sobre impressoras 3D e simuladores virtuais. Conclusões: A impressão 3D tem viabilizado diferentes técnicas de manufatura aditiva no campo da Odontologia, possibilitando melhores fluxos de trabalhos e obtenções de resultados clínicos funcionais e estéticos mais significativos. No que tange os softwares, vários programas computacionais de simulação do sorriso foram identificados. É fundamental que o Cirurgião-Dentista, especialista em estética, adote o protocolo *Digital Smile Design* em conjunto com os demais exames clínicos, sobretudo nos casos de múltiplas restaurações dentárias a fim de melhorar a previsibilidade da reabilitação oral.

Palavras-chave: Impressão tridimensional. Digital smile design. Softwares odontológicos. Dentística. Reabilitação.

## **ABSTRACT**

### **Study of 3D printers and applied software for virtual simulation of the smile during planning and rehabilitative treatment in Restorative Dentistry**

Digital technologies have been occupying an increasing space within rehabilitative science and in dental clinical areas. The study aimed to review the literature on 3D printing techniques and materials and, through a scope review, sought to identify the different virtual smile simulation software used for planning and rehabilitative treatment within the specialty of Restorative Dentistry. Material and Method: Research was carried out in the areas of Digital Dentistry and Restorative Dentistry. The study consisted of deepening the knowledge of technologies, through database reviews on 3D printers and virtual simulators. Conclusions: 3D printing has enabled different additive manufacturing techniques in the field of Dentistry, enabling better workflows and more significant functional and aesthetic clinical results. Regarding the software, several computer programs to simulate the smile were identified. It is essential that the Dental Surgeon, specialist in esthetics, adopt the Digital Smile Design protocol together with other clinical examinations, especially in cases of multiple dental restorations, in order to improve the predictability of oral rehabilitation.

Keywords: Three-dimensional printing. Digital smile design. Dental software. Dentistry. Rehabilitation.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### FIGURAS

Figura 1 -	Processo de seleção dos estudos e os seus resultados.....	62
------------	---	----

### QUADROS

Quadro 1 -	Visão geral das técnicas de impressão 3D em Odontologia Digital.....	37
Quadro 2 -	Principais características dos processos de impressão e dispositivos utilizados.....	38
Quadro 3 -	Principais usos das técnicas de impressão na clínica odontológica.....	39
Quadro 4 -	Critérios de seleção dos artigos.....	61
Quadro 5 -	Caracterização dos 25 estudos avaliados conforme ano de publicação, autoria, nome do periódico e país do estudo.....	63
Quadro 6 -	Artigos conforme o desenho metodológico, objetivos dos estudos e conclusões.....	64
Quadro 7 -	Frequência dos tipos de softwares citados no levantamento.....	66
Quadro 8 -	Classificação dos softwares de simulações do sorriso utilizados em Dentística.....	67

## LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

SLA	Stereolithography
DLP	Digital light processing
PJ	Photopolymer jetting
MJ	Material jetting
FDM	Fused deposition modeling
FFF	Fused Filament Fabrication
BJ	Binder jetting
SLS	Selective laser sintering
SLF	Selective laser fusion
SLM	Selective laser melting
SHS	Selective heat sintering
DMLS	Direct metal laser sintering
EBM	Electron beam machining
2D	Bidimensional
3D	Tridimensional
AM	Manufatura aditiva
CAD	Computer-aided design
CAM	Computer-aided manufacturing
DSD	Digital smile design
DDS	Desenho digital do sorriso
JBI	Joanna Briggs Institute

## SUMÁRIO

1	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	23
2	<b>OBJETIVOS</b> .....	27
3	<b>RELAÇÃO ENTRE OS ARTIGOS</b> .....	29
4	<b>ARTIGOS</b> .....	32
	Artigo 1 - Impressoras 3D em Odontologia: revisão de	
4.1	técnicas e materiais de manufatura aditiva.....	33
	Artigo 2 - Scoping Review sobre softwares de simulação	
4.2	virtual do sorriso utilizados em Dentística.....	58
5	<b>CONCLUSÃO GERAL</b> .....	76
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	79
	<b>ANEXO</b> .....	83
	Anexo A - Artigo aceito para a publicação no periódico CLRD.....	84
	Anexo B - Termo de declaração de uso exclusivo de artigo a ser publicado em dissertação/tese.....	85

# 1. INTRODUÇÃO

---



## 1. INTRODUÇÃO

A tecnologia cada vez mais vem adquirindo relevância na área Odontológica por meio do uso de imagem 3D, seja através da tomografia computadorizada de feixe cônico ou em modelos virtuais digitalizadas por scanner intraoral, visualizadas nos sistemas CAD-CAM (DAWOOD, A. *et. al.*, 2015).

Ao combinar e manipular dados de diferentes imagens digitais, os clínicos podem planejar e simular tratamentos em tela, usar modelos fresados em restaurações e protótipos impressos 3D para ajudar na transferência precisa do planejamento virtual, além de acompanhar os tratamentos ao longo do tempo (VANDENBERGHE, B., 2018).

Entre muitos outros usos, os modelos de manufatura aditivas das imagens 3D, podem ajudar na representação precisa das relações espaciais entre estruturas anatômicas, fornecendo feedback tátil na terapia com pacientes com fissuras labiopalatina; ser usados em cirurgia simulada para facilitar o planejamento cirúrgico, bem como na modelagem ou teste de instrumentos cirúrgicos, que podem ser altamente valiosos no planejamento de cirurgia em um paciente com patologia altamente complexa ou rara (CHEN, S. *et. al.*, 2019). Concomitantemente a esses fatos, à medida que a tecnologia digital evolui, um número crescente de ferramentas está se tornando disponível para melhorar a comunicação da equipe durante o planejamento do tratamento em odontologia restauradora (SEAY A., 2018).

O Digital Smile Design (DSD) é um protocolo sistemático com abordagem multidisciplinar baseado em fotografias digitais e análises em software específicas que visam auxiliar no tratamento estético do sorriso, fornecendo uma simulação virtual do resultado esperado. É uma ferramenta que possibilita a comunicação e a discussão do caso clínico, entre a equipe odontológica, o laboratório odontológico e o paciente (CHARAVET, C. *et. al.*, 2019), permitindo que o clínico auxilie as expectativas e necessidades do paciente, obtendo o sucesso compartilhado (CERVINO, G. *et. al.* 2019). A capacidade de envolver os pacientes no processo de design do sorriso e mostrar a eles uma simulação de diferentes possibilidades de resultados estéticos, pode aumentar as taxas de aceitação e ajudar a aprovação do pré tratamento (DAHER, R. *et al.*, 2018).

A técnica DSD consiste na manipulação de fotos inseridas no computador nas principais posições da região da face e intra-oral nas quais são adicionadas as linhas e desenhos que criarão o quadro do sorriso, o que, juntamente com a documentação convencional do paciente, complementam as informações necessárias para melhorar o processo de tomada de decisão, a interação interdisciplinar e o planejamento do tratamento (COACHMAN, C.; CALAMITA, M.A.; SESMA, N., 2017 e PIZAN-VERCELINO, CRM *et. al.*, 2017).

A execução cuidadosa das etapas clínicas com base em um design preciso e individualizado, em conjunto com os princípios clássicos de planejamento dentário, ajudam a facilitar um tratamento controlado e previsível ao redesenhar o sorriso (FERARU, M.; MUSELLA, V.; BICHACHO, N., 2016). Assim sendo, a ferramenta digital DSD pode ampliar a visão de diagnóstico e melhorar a comunicação e a previsibilidade durante todo o tratamento, resultando em um sorriso que atende aos requisitos funcionais, estéticos e emocionais do paciente (FAN, F. *et. al.*, 2019).

O tratamento com as técnicas de imagem assistida por computador, as simulações durante o planejamento virtual e a digitalização de registros dentários, tem revolucionado, dessa forma, a prática clínica em odontologia (VANDENBERGHE, B., 2018). As digitalizações intraorais estão prestes a substituir as técnicas convencionais de impressão (XEPAPADEAS, A.B. *et. al.*, 2020), uma vez que o scanner intraoral desempenha um papel essencial no fluxo de trabalho digital (MIZUMOTO, R.M.; YILMAZ, B.J., 2018).

As técnicas atuais de impressão digital que usam os scanners intraorais podem ser usadas para digitalizar a arcada dentária e satisfazer os requisitos das restaurações com o uso de uma tela de computador, isto é, sem fabricação de modelos de estudo confeccionado por gesso (TAKEUCHI, Y. *et. al.*, 2018). No cuidado infantil a mudança ao utilizar o scanner intraoral é vantajosa, pois realizar impressões convencionais acarreta o risco de aspiração do material de moldagem e/ou infecções causadas na cavidade oro nasal durante o procedimento, o que se torna ainda mais relevante na obtenção de modelos dentários em pacientes com fissura labiopalatina (XEPAPADEAS, A.B. *et. al.*, 2020). Estes sistemas atuais de digitalização são importantes, ainda, na redução do tempo de impressão, na diminuição do estresse e no reflexo de vômito do paciente (TAKEUCHI, Y. *et. al.*, 2018). Além de minimizar a manipulação humana, diminuindo os erros de

processamento, permitem a determinação imediata da qualidade da impressão e têm a capacidade de enviar facilmente os modelos ao laboratório por e-mail, reduzindo despesas e tempo (STANLEY, M. *et. al.*, 2018 e REVILLA-LEON, M. *et. al.*, 2019).

Diante dessas considerações, estudos clínicos complementares em larga escala sobre diferentes sistemas e os fluxos de trabalho digitais têm sido vitais para melhorar a utilização desses processos e para entender o potencial da tecnologia digital na odontologia. Diversos benefícios vêm sendo retratados, seja na participação dos pacientes nos processos de planejamento e tratamento, nos menores custos e maior eficiência do trabalho, além da evolução e da vanguarda de muitos equipamentos (JODA, T. *et. al.*, 2017).

Os programas de computador específicos e ferramentas de software permitem o planejamento digital e a visualização de resultados estéticos antecipados enquanto criam um padrão para o tratamento restaurador, ortodôntico, cirúrgico e multidisciplinar subsequente (BLATZ, M.B. *et. al.*, 2019). Nesse sentido, é necessário compreender como esse processo vem se dando, e compreender quais as mais atuais e conceituadas ferramentas de uso de diferentes softwares digitais, como os simuladores virtuais vem sendo utilizados na especialidade na Odontologia Geral e Restauradora.

## **2. OBJETIVOS**

---

Este estudo tem como objetivo em revisar as tecnologias de impressoras tridimensionais e softwares de simulação virtual do sorriso utilizados para o planejamento e tratamento na área de Dentística.

## **3. RELAÇÃO ENTRE OS ARTIGOS**

---

A impressão 3D é realizada por máquinas específicas que fazem a leitura de dados e, de acordo com eles, esculpem o material desejado no formato que foi definido, ou seja, é necessário ter um projeto que traga as medidas exatas do objeto que se deseja criar para que a impressora consiga esculpir o material com total fidelidade aos dados recebidos (OGLIARI, F., 2018). Para criar esse projeto, um software específico é utilizado e a impressão acontece em camadas de acordo com os dados até que seja atingida a forma final estabelecida no projeto (OGLIARI, F., 2018).

O planejamento digital do sorriso fornece interação multidisciplinar e análise crítica antes, durante e / ou após o tratamento, facilitando a escolha da técnica restaurativa. A possibilidade de estudar cada caso utilizando como ferramenta digital o DSD permite ao profissional avaliar e planejar várias possibilidades de sorriso, alterando formato, alinhamento, tamanho, e apresentar diferentes ensaios virtuais em busca da melhor estética com harmonia e saúde (ZAVANELLI, A.C. et. al. 2019).

Posto isso, a adoção de técnicas, métodos, equipamentos e materiais mais modernos permite melhorar o atendimento, alcançando benefícios que impactam tanto o trabalho do Cirurgião-Dentista como a satisfação do paciente (OGLIARI, F., 2018). A seguir, estão redigidos dois artigos científicos que abordam a inteligência artificial na reabilitação oral. No primeiro artigo é discutida a empregabilidade das principais técnicas de impressão em 3D em Odontologia. E no artigo 2 são identificados diferentes softwares de simulação virtual do sorriso utilizados para o planejamento e tratamento restaurador em Dentística.





# 4. ARTIGOS

---

3.1 Artigo 1 – Impressoras 3D em Odontologia: revisão de técnicas e materiais de manufatura aditiva.

Artigo submetido ao periódico *Clinical and Laboratorial Research in Dentistry* (CLRD) em 10 de março de 2021 e aceito para publicação em 19 de julho de 2021 (Anexo A).

**Área:** Odontologia Digital / Materiais Dentários

**Categoria do artigo:** Revisão de Literatura

**Título resumido:** Impressoras 3D em Odontologia

## RESUMO

As impressoras tridimensionais são equipamentos de inteligência artificial para manufatura de objetos físicos em 3D que vêm sendo empregadas nas diversas especialidades da Odontologia. **Proposição:** O objetivo desta revisão de literatura foi explorar as diferentes técnicas de impressoras em 3D atuais e suas aplicações nos materiais impressos com a finalidade odontológica. **Material e Métodos:** A pesquisa bibliográfica, no banco de dados online PubMed e Google Scholar, foi realizada buscando aplicações de diferentes impressoras em 3D na área odontológica. As palavras-chaves utilizadas para a pesquisa foram 3D printer, 3D printing, additive manufacturing, rapid prototyping, 3D prototyping, Dental Materials e Dentistry. **Resultado:** A partir da análise do levantamento, foram descritas as técnicas de impressão dos aparelhos de Estereolitografia (SLA), Processamento digital de luz (DLP), Material jetting (MJ), Modelagem de deposição fundida (FDM), Binder jetting (BJ) e Impressão à base de pó. **Conclusão:** A impressão 3D, dentro da Inteligência Artificial, viabiliza diferentes técnicas de manufatura aditiva no campo da Odontologia, possibilitando melhores fluxos de trabalhos e obtenções de resultados clínicos funcionais e estéticos mais significativos.

**DESCRITORES:** Impressão Tridimensional; Materiais Dentários; Odontologia

## 1. INTRODUÇÃO

As impressoras tridimensionais são equipamentos de manufaturas utilizadas para criar objetos de geometrias complexas, com o auxílio da modelagem digital e que, gradativamente, estão sendo, cada mais utilizadas na assistência e em pesquisas destinadas da área odontológica. O “universo” das manufaturas, na Odontologia Digital, abrange uma ampla gama de tecnologias. Em seu nível máximo, as produções de peças em 3D podem ser classificadas em duas categorias principais: subtrativa e aditiva. Nas primeiras, uma máquina controlada numericamente por computador e interligada ao sistema CAD-CAM é utilizada para obter um objeto a partir do fresamento de peça bruta maior como, por exemplo, os blocos de cerâmica nas confecções de facetas dentárias de porcelana.<sup>1</sup> Já os procedimentos de manufatura aditiva, por outro lado, fornecem uma alternativa promissora aos métodos subtrativos, uma vez que, constroem os produtos camada por camada, com o auxílio de dados digitais 3D,<sup>2</sup> sem a necessidade de moldes (como na técnica convencional) ou usinagem.<sup>3</sup>

O sistema aditivo reproduz modelos virtuais em objetos físicos por meio de dados de imagem de tomografia, ressonância magnética ou digitalizadas por scanner.<sup>4-8</sup> As vantagens das técnicas aditivas estão relacionadas a execução rápida de objetos com menor custo,<sup>9,10</sup> o que leva a construção de estruturas complexas por meio de customização simultânea das peças, enquanto o material residual é reduzido e reutilizado.<sup>8,11</sup> Assim, não há desperdício de matéria prima e o processo é mais sustentável, com benefícios para o meio ambiente.<sup>12-14</sup> Com a melhora continua de seus processos e materiais, a distribuição da tecnologia de impressão 3D tem aumentado, amplamente, em vários campos odontológicos. Nessa área, dentre as várias possibilidades de aplicabilidade podem ser citados a produção de biomodelo no planejamento e simulação de procedimentos médicos e odontológicos (para prótese, ortodontia e cirurgia);<sup>4</sup> confecção de implantes (dentários, craniomaxilofaciais, ortopédicos), *copings*, estruturas para implantes,<sup>15</sup> guias de broca para implantes dentários entre outros.<sup>16,17</sup> Na cirurgia ortognática, incluem ainda a produção de talas oclusais, guias de osteotomia ou de reposicionamento, espaçadores e placas de fixação,<sup>18,19</sup> além de modelos anatômicos para planejamento e simulação pré-operatória.<sup>5</sup> No campo da reabilitação oral, são confeccionadas bases

de próteses de resinas,<sup>20</sup> peças de cerâmicas para restaurações indiretas,<sup>12,13,21</sup> modelos para preparos dentários,<sup>22</sup> além de confecção de próteses maxilofaciais.<sup>23,24</sup> Na Endodontia, os procedimentos endodônticos guiados são técnicas promissoras, que oferecem resultados altamente previsíveis e com menores riscos de danos iatrogênicos por meio de guias impressos em 3D,<sup>25,26</sup> stent-guided EMS, prototipagem rápida de dentes anômalos, autotransplante e modelos educacionais pré-clínicos.<sup>27,28</sup> Na Periodontia, podem ser empregadas nas confecções de scaffold para aumento de seio e osso, preservação de alvéolos e regeneração periodontal.<sup>29</sup> A bioimpressão 3D é uma técnica aditiva que utiliza frameworks biocompatíveis com células vivas e fatores de crescimento com o objetivo de cicatrizar feridas e tecidos deformados.<sup>30,31</sup> A impressão 3D na Odontologia possibilita produtos individualizados, economia devido a produção em pequena escala, o compartilhamento e o processamento de dados de imagens de pacientes e atualizações educacionais.<sup>14,32,33</sup>

As prototipagens podem ainda alcançar resultados cirúrgicos superiores em região de cabeça e pescoço, seja no fator estético ou funcional, quando comparadas com as reconstruções convencionais.<sup>34</sup> Os estudos apontam que as tecnologias de impressão 3D auxiliam o dentista a encurtar o tempo operatório,<sup>4</sup> a aumentar a segurança do procedimento e a melhorar a previsibilidade dos resultados clínicos.<sup>18,35</sup> Além disso, permitem que os modelos digitais substituam os modelos convencionais, no caso de uma representação física dos protótipos para fins legais.<sup>36</sup>

Nesse contexto, é imprescindível aos profissionais Cirurgiões-Dentistas conhecer as principais técnicas de modelagem que vem sendo desenvolvidas em pesquisas através das impressoras aditivas. Diante do exposto, este artigo tem como objetivo fazer uma revisão da literatura no intuito de explorar as principais técnicas de impressão em 3D atuais e suas aplicações nos materiais impressos com a finalidade odontológica.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

Trata-se de estudo de revisão narrativa realizado nos bancos de dados PubMed, entre os meses de agosto e dezembro de 2020. Para a busca inicial, foram utilizadas, por meio da associação dos termos booleanos *AND* ou *OR*, as seguintes

palavras-chaves: “3d printer”, “3D printing”, “Additive manufacturing,”, “Rapid prototyping”, “3D prototyping”, “Dental Materials” e “Dentistry”.

A construção da pesquisa na caixa de consulta avançada na base National Library of Medicine se processou através da seguinte fórmula de busca: ((3d printer OR 3D printing) AND (Additive manufacturing OR Rapid prototyping OR 3D prototyping)) AND (Dental Materials OR Dentistry), o que resultou em 330 estudos. Na base de dado Google Scholar, buscou-se artigos específicos de cada técnica de impressão através dos termos “Stereolithography”, “Digital light processing”, “Material jetting”, “Fused deposition modeling”, “Binder jetting” e “Powder-based printing” associada as palavras “Dental Materials” e “Dentistry”. Os critérios de exclusão foram os artigos científicos anteriores ao ano de 2015 ou referentes as técnicas de impressoras 3D pouco desenvolvidas ao campo da Odontologia, como Hybride Prozesse (HP), Big area additive manufacturing (BAAM), Laminated object manufacturing (LOM), além das impressoras subtrativas (CAD-CAM).

Após seleção, foram inclusos os artigos publicados no idioma inglês, que documentaram as aplicações de diferentes impressoras em 3D nas especialidades odontológicas. Os resultados encontrados foram agrupados de acordo com a familiaridade do assunto (Quadro 1), referentes aos principais processos de impressão em 3D, de manufaturas para a área odontológica e apresentados na forma de quadros e relatório discursivo.

### **3. RESULTADOS**

Entre os estudos analisados, os principais processos de manufatura em 3D e materiais destinados a impressão de dispositivos odontológicos foram a Stereolithography (SLA) – (Estereolitografia), o Digital light processing (DLP) – (Processamento digital de luz); o Material jetting (MJ) – (Jateamento de material); o Fused deposition modeling (FDM) – (Modelagem de deposição fundida); o Binder jetting (BJ) - Jato de aglutinante; e impressão à base de pó.

As principais características encontradas nos processos e os dispositivos utilizados por cada um deles na impressão estão descritas no Quadro 2 e os principais usos de cada técnica estão descritos no Quadro 3.

Quadro 1 - Visão geral das técnicas de impressão 3D em Odontologia Digital. <sup>41</sup>

<b>Fabricação de manufaturas aditivas em Odontologia</b>	<b>Fotopolimerização de cuba</b>	<b>Material de jateamento</b>	<b>Material extrudado termoplástico</b>	<b>Jateamento de aglutinante</b>	<b>Fusão de leito de pó</b>
<b>Impressoras 3D</b>	<b>SLA – DLP</b>	<b>PJ – MJ</b>	<b>FDM</b>	<b>BJ</b>	<b>SLS-SLF-SLM-SHS-DMLS-EBM</b>
<b>Descrição do processo</b>	O fotopolímero líquido em uma cuba é curado seletivamente por luz ultravioleta.	Os cabeçotes de impressão a jato de tinta são usadas para injetar fotopolímeros líquidos em uma plataforma de impressão.	Um filamento de plástico é derretido e extrudado através de um bico ou orifício.	Construção de peças através da deposição de um aglutinante em uma fina camada de pó através de bicos de jato de tinta	Uma fonte de alta energia derrete seletivamente as partículas de poeira.
<b>Custo de aquisição</b>	Baixo – Médio	Relativamente alto	Baixo	Médio	Alto
<b>Resolução</b>	Alta	Alta	Baixa	Baixa	Baixa
<b>Estrutura de suporte necessário</b>	Sim	Sim	Sim	Não	Não
<b>Impressão a cores</b>	Não	Sim	Sim	Sim	Não

\*Siglas: SLA = stereolithography; DLP = digital light processing; PJ = photopolymer jetting; MJ = material jetting; FDM = fused deposition modeling; BJ = binder jetting; SLS = selective laser sintering; SLF = Selective Laser Fusion; SLM = selective laser melting; SHS = Selective Heat Sintering; DMLS = Direct metal laser sintering; EBM = Electron beam machining

Quadro 2 - Principais características dos processos de impressão e dispositivos utilizados

<b>Tipo de Impressão</b>	<b>Materiais utilizados</b>	<b>Pontos positivos</b>	<b>Pontos a serem melhorados</b>
<b>Estereolitografia (SLA) e Processamento digital de luz (DLP)</b>	Resina de fotopolímero	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Boa precisão, superfícies lisas.</li> <li>2. Capaz de criar formas complexas com alta resolução de recursos.</li> <li>3. Tecnologia de baixo custo e relativamente rápida</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Materiais relativamente frágeis.</li> <li>2. Vulnerável à luz solar e ao calor (apenas fotopolímeros).</li> <li>3. Cuba de material simples; Pós-cura necessária</li> </ol>
<b>Jateamento de material (MJ)</b>	Resina de fotopolímero	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Acabamento de alta resolução e alta qualidade.</li> <li>2. Superfície mais lisa, detalhes finos, multicolor.</li> <li>3. Capacidades multimateriais com diferentes durezas.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. O alto custo da impressora e materiais.</li> <li>2. Apenas fotopolímeros.</li> <li>3. Propriedades mecânicas degradam ao longo do tempo.</li> </ol>
<b>Modelagem de deposição fundida (FDM)</b>	Filamentos termoplásticos sólidos	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Prototipagem de baixo custo.</li> <li>2. Multicolor.</li> <li>3. Aplicações funcionais em plásticos (carga não crítica).</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Propriedades mecânicas anisotrópicas.</li> <li>2. Materiais frágeis.</li> <li>3. Superfície áspera e detalhes baixos (Linhas de camada visíveis).</li> </ol>
<b>Jato de aglutinante (BJ)</b>	Material feito de pó de metal, cerâmica ou plástico	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. O processo é rápido, simples e barato, estrutura de suporte.</li> <li>2. Prototipagem colorida em polímeros ou cerâmicas.</li> <li>3. Pode fabricar peças grandes e geometrias metálicas complexas.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Baixos detalhes e propriedades mecânicas.</li> <li>2. Restrição de projeto devido ao pós-processamento.</li> <li>3. Não pode ser embebido ou esterilizado pelo calor.</li> </ol>
<b>Impressão à base de pó</b>	Pó feito de resina, metais e cerâmica	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Impressora sem estrutura de suporte (redução de custos)</li> <li>2. Processamento difícil por meio de peças personalizadas e complexas (pode usar muitos materiais)</li> <li>3. Objeto com excelentes propriedades físicas (alta densidade)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Materiais e fabricação caros</li> <li>2. O tamanho da construção do objeto é limitado;</li> <li>3. Distorção térmica e superfície áspera.</li> </ol>

Quadro 3 - Principais usos das técnicas de impressão na clínica odontológica.

<b>Tipo de Impressão</b>	<b>Principais áreas de aplicação</b>
<b>Estereolitografia (SLA) e Processamento digital de luz (DLP)</b>	Guias cirúrgicos; Moldeiras individuais; Molde provisória de silicone; Alinhadores invisíveis; Calcinável; Restaurações temporárias; Modelos dentários; Fabricação de fundidos; Coping fundido; Padrão de cera; Máscara de gengiva e frameworks estruturas biológicas
<b>Jateamento de material (MJ)</b>	Moldeiras individuais; Modelo; Guias de perfuração de implantes; Guia cirúrgico; Modelos de simulação em cirurgia; Protótipo de prótese total;
<b>Modelagem de deposição fundida (FDM)</b>	Moldeiras individuais; Protótipo de próteses; Aplicação biomédica; Modelos de talas ortodônticas;
<b>Jato de aglutinante (BJ)</b>	Modelos de estudo; Modelos dentários; Protótipos visuais
<b>Impressão à base de pó</b>	Copings de coroa; Estruturas de metal; Estruturas de próteses; Próteses parciais; Implantes dentários; Implantes para aplicações ortopédicas;

### 3.1 Estereolitografia

A tecnologia de impressão 3D, foi criada em 1986 por Chuck Hull, e refere-se à reticulação em camadas de resinas fotossensível iniciadas por meio da radiação laser ultravioleta (UV).<sup>8,37</sup> Na técnica, um laser é focado na superfície de um reservatório (cuba) de polímero líquido que se solidifica a cada camada, repetidamente, conforme a plataforma é movida verticalmente alguns micrômetros até que o objeto sólido esteja completamente formado.<sup>1,38</sup>

Trata-se de tecnologia de fabricação utilizada para superar as limitações de biomateriais particulados disponíveis comercialmente, dedicados a aplicações de regeneração intraóssea oral.<sup>39</sup> Tem sido amplamente desenvolvida para produzir *scaffolds* de engenharia de tecidos e dispositivos biomédicos, especialmente na área odontológica.<sup>38</sup> Na literatura, há relatos de *scaffold* confeccionados por SLA em fosfato de cálcio hidroxiapatita, que oferece precisão, qualidade de superfície e propriedades mecânicas adequadas, sendo curado seletivamente em uma pasta de cerâmica fotossensível.<sup>12</sup> Além disso, tem sido o método mais preciso para projetar hidrogel e os



sistemas microfluídicos, ferramentas úteis para superar os desafios da criação de estruturas microvasculares artificiais, na área de bioimpressão.<sup>10</sup>

Desta forma, a impressora oferece alta precisão, acabamento de superfície lisa, incorporação de detalhes finos e a capacidade de produzir objetos transparentes.<sup>9,37</sup> No entanto, os produtos fabricados pela técnica não são coloridos e contêm alguns polímeros parcialmente ativados em sua estrutura, o que diminui suas propriedades mecânicas.<sup>8,37</sup>

A empregabilidade das cerâmicas de alumina e zircônia, possuem boa resistência mecânica, em estruturas de coroa de cerâmica policristalina, e também tem sido alvos de pesquisas no desenvolvimento desta técnica.<sup>12</sup> Outros desafios relevantes as aplicabilidades estão relacionadas aos materiais recém-desenvolvidos como polipropileno (PP), acrilonitrila-butadieno-estireno (ABS), policarbonato (PC), especialmente no que diz respeito ao tempo de trabalho, processamento e propriedades de envelhecimento do material.<sup>8</sup> A desvantagem da SLA é a limitação, como material de construção, apenas através das resinas fotocuráveis que são instáveis ao longo do tempo e não possuem as propriedades mecânicas bem definidas.<sup>40</sup>

### **3.2 Digital light processing**

Nos últimos anos, as tecnologias de impressão 3D baseadas em processamento digital de luz (DLP) desencadearam uma mudança de paradigma nas modalidades de impressão 3D tradicionais, principalmente por aumentarem drasticamente a velocidade e a resolução de fabricação.<sup>38</sup>

A tecnologia contém um microssistema denominado dispositivo de microespelho digital que atua como interruptores de luz, projetando a luz da fonte como pixels individuais na superfície de projeção.<sup>41</sup> Abaixo da câmara da construção, diretamente sob uma placa de vidro, há um projetor DLP utilizado para polimerização via radiação UV, o que projeta o contorno do componente a ser produzido na plataforma de construção a aplicação da resina e, simultaneamente, solidifica-a de acordo com o contorno.<sup>8</sup> Na prática, o complexo de micro espelhos é um sistema preciso que direciona a luz onde é necessário determinando sua capacidade de “ligar” ou “desligar” a luz, de acordo com um código binário.<sup>42</sup> Da mesma maneira que o SLA, o DLP pode

ser usado com uma grande variedade de monômeros e sistemas de resina.<sup>43</sup> Ambas as técnicas são semelhantes, a principal diferença entre elas é a fonte de luz, sendo que a DLP utiliza uma cuba de resina mais rasa e um projetor de luz digital localizado abaixo do banho de resina,<sup>7</sup> e tem sido utilizada para fabricar uma única camada do objeto 3D por meio de solidificação.<sup>44</sup> Em geral, quando comparada a SLA, a técnica DLP é considerada mais eficiente e rápida, pois utiliza uma lâmpada de arco, painel de cristal líquido ou fonte de projeção para curar uma camada inteira de resina no eixo xy de uma só vez, em vez de rastrear a imagem a laser.<sup>45</sup>

A luz do equipamento produz benefícios como fabricação rápida, alta sensibilidade e qualidade de superfície, além poder adaptar as características finais do objeto impresso alterando as formulações das resinas fotocuráveis.<sup>44</sup> As principais desvantagens do DLP estão associadas a resolução e a intensidade da luz. As lâmpadas usadas nos projetores emitem luz com amplo espectro, mas apenas uma pequena parte da energia irradiada pela lâmpada cai na faixa abaixo de 400nm, na qual a maioria dos foto iniciadores estão ativos.<sup>46</sup>

### **3.3 Material jetting**

O jateamento de material, do inglês Material jetting (MJ), refere-se ao uso de material jateado por meio de múltiplos bicos que dispensam gotículas de resina foto reativa, precisamente posicionadas usando placas de deflexão de carga,<sup>26</sup> camada por camada, e endurecida por luz ultravioleta.<sup>46</sup>

Para mencionar a técnica, na literatura, são encontrados sinônimos como “modelagem Polyjet”, “modelagem multijet”, “MultiJet Modeling (MJM)”, “fotopolímero a jato/jateamento de fotopolímero” (PJ), “Polyjetting” e “Multijetting”. O princípio é semelhante ao de uma impressora jato de tinta convencional, só que em vez de gotas de tinta, um fotomônomo líquido é usado para o jato de fotopolímero (PJ/ PPJ) ou cera para o jato de material (MJ/MJP).<sup>41</sup>

Quando comparado com o SLA, o MJ possui vantagens no controle da composição, dispensando gotas individuais de resina, assim, os materiais podem ser ajustados durante o processo de impressão, possibilitando a fabricação de objetos heterogêneos com a possibilidade adicional de gradientes de material e resolução extremamente alta.<sup>47</sup> Uma variedade de materiais pode ser impressa, incluindo

diferentes resinas e ceras para fundição, bem como alguns materiais de borracha do tipo silicone.<sup>15</sup>

Cada vez mais MJ está se firmando como uma tecnologia líder em odontologia, pois é capaz de construir peças por meio de várias cores e propriedades físicas. As cabeças de impressão podem ser carregadas com vários materiais, no mesmo processo, para a construção do objeto.<sup>7</sup> Todavia, deve ainda ser considerados que o equipamento e os materiais são onerosos e os materiais de suporte podem ser tenazes e difíceis de se removerem.<sup>15</sup>

### **3.4 Fused deposition modeling**

As impressões FDM, também conhecida como Fused Filament Fabrication (FFF), trata-se de técnica de manufatura onde ocorre a extrusão de polímero fundido, camada por camada, permitindo a construção de objetos em 3D.<sup>48</sup>

Em 1989, Scott Crump inventou e patenteou a modelagem de deposição fundida (FDM) de polímeros termoplásticos, que são alimentados mecanicamente como filamentos finos de um carretel, para o cabeçote de impressão de extrusão.<sup>3,49</sup> Neste procedimento, a entrada de energia está envolvida na fase de pré-deposição para obter um material fundido de polímero que pode ser aplicado através de uma cabeça fina ou bico de impressão.<sup>43</sup> O material derretido é depositado na plataforma de construção, onde esfria e se solidifica a cada camada.

Atualmente, a FDM é uma plataforma de tecnologia bastante robusta e explorada mundialmente, com impressos 3D personalizadas e de baixo custo, úteis em ambientes domésticos e de escritório.<sup>3</sup> O sistema possui a capacidade de produzir, rapidamente, estruturas complexas, com resultados previsíveis e econômicos,<sup>48</sup> através de diferentes polímeros, tais como álcool polivinílico (PVA), acrilonitrila butadieno estireno (ABS), ácido poli-láctico (PLA), tereftalato de polietileno glicol modificado (PETG), náilon e elastômeros termoplásticos (TPE).<sup>50</sup>

As impressoras FDM de baixo custo são validadas e podem representar um próximo passo em direção a uma melhor acessibilidade das tecnologias de prototipagem rápida com uso para a maioria dos cirurgiões. Os modelos de plástico ABS impressos pela impressora 3D de baixo custo UPplus2<sup>®</sup> fornecem precisão

dimensional comparável a outras tecnologias de prototipagem rápida de alto custo bem estabelecidas.<sup>51</sup> Todavia, sua empregabilidade na área odontológica é ainda pouco desenvolvida.<sup>41</sup> Algumas desvantagens incluem o fato de usar apenas materiais termoplásticos e a dificuldade de incorporar células no material, uma vez que os termoplásticos derretem a temperaturas superiores a 37°C.<sup>52</sup>

### **3.5 Binder jetting**

No Binder Jetting é caracterizado como uma fina camada de partículas de pó (metal, polímero ou cerâmica) depositada na plataforma de construção. Em seguida, gotas de adesivo são ejetadas, por um cabeçote de impressão a jato de tinta, para unir seletivamente as partículas de pó, camada por camada.<sup>15</sup>

Corresponde a uma variação do processo de jato de fotopolímero (PJ), no qual é aplicado um adesivo em um substrato em pó de polímero, por meio de bicos de pressão.<sup>41</sup> É, uma tecnologia flexível com diversas aplicações, desde impressão 3D de metal de baixo custo, até a prototipagem colorida e grande produção de moldes de fundição em cerâmica, enquanto solventes e adesivos fotossensíveis podem ser usados como aglutinantes.<sup>46</sup> Devido à sua compatibilidade excepcional com quase todos os materiais cerâmicos, e semelhança com as rotas de fabricação tradicionais, o jato de ligante possui um potencial promissor em aplicações de próteses dentárias cerâmicas.<sup>53</sup> Peças em cores são possíveis de serem impressas. Não requer nenhuma estrutura de suporte na impressão.<sup>41</sup> Porém, no momento, a sua precisão é limitada para aplicações protodônticas. O BJ requer uma quantidade substancial de processamento depois que todas as camadas forem aplicadas.<sup>47</sup>

A precisão e a resistência das peças impressas podem ser afetadas pelos processos químicos e físicos dos materiais em pó, aglutinante, dimensões nominais e orientação das peças no leito de imprimir, trazendo consequências sobre as gotículas nos bicos, fluxo de leito de pó e reações na cura do pó-aglutinante.<sup>53</sup>

Sua utilidade na odontologia ainda é limitada, principalmente a modelos de planejamentos cirúrgicos.<sup>41</sup> Estão em fase de pesquisas, os estudos que investigam a capacidade das técnicas de deposição / jato para fabricar compósitos dentais, cerâmicas e restaurações dentárias à base de zircônia.<sup>2</sup>

### 3.6 Impressão à base de pó

As tecnologias de impressão à base de pó incluem um processo no qual a energia térmica (fornecida por um laser ou feixe de elétrons) funde seletivamente as regiões de um leito de pó. Os dois sistemas mais conhecidos são Sinterização seletiva a laser, do inglês Selective Laser Sintering (SLS) e Fusão Seletiva a Laser (FSL) ou Selective Laser Melting (SLM), mas também são encontrados na literatura, outros termos relacionados como Derretimento a laser, em inglês Laser melting (LM), Sinterização Seletiva a Calor (SHS), Sinterização Direta a Laser de Metal (DMLS) e Usinagem por Feixe de Elétrons (EBM).<sup>47,49</sup>

O SLS, DMLS e SLM utilizam feixes de laser direcionados por espelhos, enquanto EBM utiliza feixe de elétrons de alta energia precisamente direcionado por bobinas eletromagnéticas, que requerem condições de vácuo, aumentando o custo de produção.<sup>7</sup> Na SLS o processo de fusão é parcial, pois a sinterização das camadas individuais de um objeto, pelo laser, funde apenas as partículas individuais do material na superfície.<sup>41</sup> Já na fusão seletiva a laser (FSL) a fusão com um feixe de laser é direta e completa do material em pó. Ambas, normalmente, não dispensam o material de um bico e requerem um pré-aquecimento do leito de pó em altas temperaturas para controlar e reduzir o comprimento das rachaduras. A alta temperatura do laser é usado para sinterizar ou soldar regiões específicas em um leito de pó enquanto um estágio se move para cima ou para baixo e o material é adicionado camada por camada, gerando assim, uma estrutura em 3D.<sup>54</sup>

É utilizada na fabricação industrial de objetos metálicos, cerâmicos e plásticos.<sup>55</sup> Os polímeros usados neste processo têm pontos de fusão elevados e excelentes propriedades físicas, tornando os objetos úteis como modelos de estudo anatômico, guias de corte e perfuração, modelos dentais e para engenharia / protótipos de design.<sup>15</sup> A poliamida (PA12 ou náilon 12) representa a grande maioria de materiais SLS comerciais do mercado atual.<sup>43</sup> A impressão SLS é usada para fabricar objetos de metal por meio de sinterização direta a laser de metal (DMLS) que utiliza um feixe de laser sobre uma camada de pó metálico fundindo uma sobre a outra, cujo modelos oferecem benefícios potenciais no campo da implantodontia.<sup>56</sup> Há uma ampla variedade de metais e ligas metálicas disponíveis, incluindo titânio, ligas de titânio, ligas de cobalto-cromo e aço inoxidável.<sup>15</sup>

As próteses parciais impressas em 3D e estruturas de próteses já estão sendo confeccionadas pela SLS e para estruturas de pontes de implantes, a tecnologia pode ser combinada com processos de fresagem para fornecer conexões de alta precisão.<sup>15</sup> As vantagens desta impressora, incluem excelentes propriedades mecânicas que o tornam adequado para aplicações industriais, seleção de materiais altamente versáteis (náilon, poliestireno, metal) e não necessita de estruturas de suporte. As limitações são o alto preço, acessível mais para as empresas profissionais de impressão 3D e o acabamento de superfície é bastante áspero, o que pode levar à absorção de água e, assim, afetar as propriedades mecânicas.<sup>57</sup>

#### **4. DISCUSSÃO**

A manufatura aditiva (AM) é uma tecnologia utilizada em várias aplicações na sociedade atual, desde construção, engenharia, arquitetura, aeroespacial às áreas cotidianas e bem-estar como moda, alimentos, saúde/medicamentos.<sup>57</sup> O desenvolvimento de diferentes técnicas de impressão 3D tem possibilitado a realização de peças sofisticadas com características geométricas antes inconcebíveis devido às limitações topológicas dos métodos tradicionais de fabricação.<sup>40</sup> A vantagem da AM é à passividade e à natureza de camadas aditivas do processo de construção do objeto que, independentemente de sua complexidade dimensional, produz objetos com detalhes mais finos do que o tamanho da broca de fresadoras e há pouco desperdício de material na fabricação quando comparada à manufatura subtrativa.<sup>2,11,58</sup> De um modo geral, os modelos impressos em 3D têm uma precisão comparável com os modelos de gesso, além de poderem ter cores e texturas variadas durante a fabricação para auxiliar na diferenciação dos tipos de tecidos simulados.<sup>26</sup>

Dessa forma, a necessidade de melhor visualização e resultados cirúrgicos foram favorecidos pelos modelos anatômicos impressos em 3D, guias específicos do paciente e próteses impressas de forma tridimensional.<sup>59</sup>

A literatura demonstra o aumento da aplicação de várias técnicas de AM em disciplinas odontológicas, na fabricação de modelos dentais, guias cirúrgicos e dispositivos oclusais.<sup>2</sup> Os modelos de simulação também podem contribuir para uma educação odontológica mais interdisciplinar.<sup>60</sup> Nos últimos 5 anos, as inteligências artificiais mudaram drasticamente a Odontologia devido ao progresso tecnológico do

scanner intraoral, acessibilidade de impressoras 3D e o desenvolvimento de impressões de biomateriais.<sup>61</sup> Podem ser usadas como scaffolds, para engenharia de tecidos craniofaciais oferecendo grande potencial como alternativa para enxertos ósseos autólogos em osteoplastia de fenda alveolar.<sup>52,62,63</sup> Os scaffold além de serem configuráveis para corresponder com precisão à forma anatômica, podem ser personalizados internamente para ter capacidade de direcionamento e fixação de células-alvo.<sup>64</sup>

Nos estudos recentes, impulsionando grandes inovações no campo da odontologia regenerativa, o AM possibilitou a impressão de bioprinting, que componentes de suporte para células vivas em tecidos funcionais 3D complexos.<sup>65</sup> A seleção de materiais para a bioimpressão 3D depende, principalmente, de sua biocompatibilidade com o crescimento e função celular e, também, de suas características de processamento, como viscosidade, capacidade de extrusão e estabilidade pós-impressão.<sup>31</sup>

Uma ampla variedade de impressoras 3D de mesa, com custo reduzido baseadas em tecnologias AM, oferecem alta precisão e capacidade de processar uma ampla gama de diferentes materiais de impressão, incluindo um número crescente de materiais biocompatíveis.<sup>57</sup> A maioria das matérias-primas para manufatura aditiva usada para fins odontológicos pode ser agrupada em combinações de aglutinante / material em pó, incluindo polímeros, resinas termoplásticos, cerâmicas e metais. Alguns materiais, entretanto, como a liga de cobalto-cromo, ainda carecem de pesquisas suficientes para permitir conclusões sobre a adequação de seu uso na prática da clínica odontológica.<sup>58</sup>

Segundo o estudo de Msallem et. al.,<sup>57</sup> na hora de selecionar uma impressora 3D, além de observar a tecnologia utilizada, tem que verificar a aplicação desejada, dependendo dos materiais utilizados em relação ao orçamento (quadro 3). Devido à grande variedade de máquinas que fornecem a impressão 3D, há uma enorme flexibilidade de material de construção e na geometria dos objetos.<sup>58</sup> Uma das vantagens notáveis é a capacidade de personalizar a produção de objetos em massa.<sup>66</sup>

Nas indústrias médica e odontológica, o AM estão sendo usados para produzir uma ampla variedade de produtos personalizados e sob medida, incluindo aparelhos auditivos, coroas dentárias, implantes e dentaduras; implantes biomédicos para tecidos duros e moles, modelos, talas e órteses/próteses personalizadas.<sup>67</sup>

As principais limitações incluem o aparecimento de degraus devido à estratificação do material e a dificuldade na fabricação de peças de alguns materiais utilizado em odontologia.<sup>58</sup> No caso da cerâmica, diferentes procedimentos AM têm sido investigados quanto à sua adequação para a fabricação de peças nas técnicas de sinterização seletiva a laser (SLS), modelagem de deposição fundida (FDM), binder jetting (BJ) e, até nos aparelhos de estereolitografia (SLA).<sup>68</sup> Melhorias recentes na precisão dos materiais, bem como na eficiência de tempo e custo da impressão 3D estão mudando o foco deste novo método de fabricação nas aplicações tradicionais de prototipagem rápida para a fabricação de peças finais.<sup>66</sup>

Os objetivos das pesquisas quanto as aplicabilidades da AM na Odontologia são melhorar a qualidade, precisão e velocidade de impressão; desenvolver novas técnicas que permitam a sinterização de pós cerâmicos puros; prevenir a distorção térmica ou rachaduras nos processos SLS e SLM; e incorporar vários materiais em uma única etapa de impressão.<sup>61</sup> O desafio chave para a disseminação da impressão 3D, nas indústrias, portanto, é no que tange aos materiais, principalmente, a impressão multimaterial do objeto.<sup>40</sup>

## **5. CONCLUSÃO**

As impressões em 3D, dentro da Inteligência Artificial, estão viabilizando diferentes prototipagens rápidas no campo da Odontologia, obtidas por processamento altamente flexíveis e que podem ser desenvolvidas em materiais como polímeros, metais, compósitos ou cerâmicas, de diversas consistências e propriedades, a fim de favorecer a produção de dispositivos personalizados para a reabilitação. Portanto, as manufaturas aditivas constituirão um grande avanço no fluxo de trabalho odontológico, por reduzirem o tempo cirúrgico do operador, melhorarem a conformação prévia de biomateriais e órteses e, acima de tudo, obterem resultados funcionais e estéticos mais significativos e previsíveis durante todo o tratamento clínico dos pacientes, nesta nova era tecnológica.



## REFERÊNCIAS

1. Khaledi A-A, Farzin M, Akhlaghian M, Pardis S, Mir N. Evaluation of the marginal fit of metal copings fabricated by using 3 different CAD-CAM techniques: Milling, stereolithography, and 3D wax printer. *J Prosthet Dent.* 2020 Jul;124(1):81–6. doi: <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2019.09.002>
2. Alharbi N, Wismeijer D, Osman RB. Additive Manufacturing Techniques in Prosthodontics: Where Do We Currently Stand? A Critical Review. *Int J Prosthodont.* 30(5):474–484. doi: <https://doi.org/10.11607/ijp.5079>
3. Ligon SC, Liska R, Stampfl J, Gurr M, Mülhaupt R. Polymers for 3D Printing and Customized Additive Manufacturing. *Chem Rev.* 2017 Aug 9;117(15):10212–90. doi: <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.7b00074>
4. Brito NM da SO, Soares R de SC, Monteiro ELT, Martins SCR, Cavalcante JR, Gempel RG, et al. Additive Manufacturing for Surgical Planning of Mandibular Fracture. *Acta Stomatol Croat.* 2016;50(4):348–53. doi: <https://doi.org/10.15644/asc50/4/8>
5. Serrano C, van den Brink H, Pineau J, Prognon P, Martelli N. Benefits of 3D printing applications in jaw reconstruction: A systematic review and meta-analysis. *J Craniomaxillofac Surg.* 2019 Sep;47(9):1387–97. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jcms.2019.06.008>
6. Zeiderman MR, Pu LLQ. Contemporary reconstruction after complex facial trauma. *Burn trauma.* 2020;8:tkaa003. doi: <https://doi.org/10.1093/burnst/tkaa003>
7. Liaw C-Y, Guvendiren M. Current and emerging applications of 3D printing in medicine. *Biofabrication.* 2017 Jun 7;9(2):024102. doi: <https://doi.org/10.1088/1758-5090/aa7279>
8. Jockusch J, Özcan M. Additive manufacturing of dental polymers: An overview on processes, materials and applications. *Dent Mater J.* 2020 Jun 5;39(3):345–54. doi: <https://doi.org/10.4012/dmj.2019-123>

9. Hada T, Kanazawa M, Iwaki M, Arakida T, Soeda Y, Katheng A, et al. Effect of Printing Direction on the Accuracy of 3D-Printed Dentures Using Stereolithography Technology. *Mater* (Basel, Switzerland). 2020 Aug 2;13(15). doi: <https://doi.org/10.3390/ma13153405>
10. Magalhães LSSM, Santos FEP, Elias C de MV, Afewerki S, Sousa GF, Furtado ASA, et al. Printing 3D Hydrogel Structures Employing Low-Cost Stereolithography Technology. *J Funct Biomater*. 2020 Feb 22;11(1). doi: <https://doi.org/10.3390/jfb11010012>
11. Baumgartner S, Gmeiner R, Schönherr JA, Stampfl J. Stereolithography-based additive manufacturing of lithium disilicate glass ceramic for dental applications. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl*. 2020 Nov;116:111180. doi: <https://doi.org/10.1016/j.msec.2020.111180>
12. Dehurtevent M, Robberecht L, Hornez J-C, Thuault A, Deveaux E, Béhin P. Stereolithography: A new method for processing dental ceramics by additive computer-aided manufacturing. *Dent Mater*. 2017;33(5):477–85. doi: <https://doi.org/10.1016/j.dental.2017.01.018>
13. Methani MM, Revilla-León M, Zandinejad A. The potential of additive manufacturing technologies and their processing parameters for the fabrication of all-ceramic crowns: A review. *J Esthet Restor Dent*. 2020 Mar;32(2):182–92. doi: <https://doi.org/10.1111/jerd.12535>
14. Oberoi G, Nitsch S, Edelmayer M, Janjić K, Müller AS, Agis H. 3D Printing-Encompassing the Facets of Dentistry. *Front Bioeng Biotechnol*. 2018;6:172. doi: <https://doi.org/10.3389/fbioe.2018.00172>
15. Dawood A, Marti Marti B, Sauret-Jackson V, Darwood A. 3D printing in dentistry. *Br Dent J*. 2015 Dec;219(11):521–9. doi: <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2015.914>
16. Kim T, Lee S, Kim GB, Hong D, Kwon J, Park J-W, et al. Accuracy of a simplified 3D-printed implant surgical guide. *J Prosthet Dent*. 2020 Aug;124(2):195-201.e2. doi: <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2019.06.006>

17. Yeung M, Abdulmajeed A, Carrico CK, Deeb GR, Bencharit S. Accuracy and precision of 3D-printed implant surgical guides with different implant systems: An in vitro study. *J Prosthet Dent.* 2020 Jun;123(6):821–8. doi: <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2019.05.027>
18. Lin H-H, Lonic D, Lo L-J. 3D printing in orthognathic surgery – A literature review. *J Formos Med Assoc.* 2018 Jul;117(7):547–58. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jfma.2018.01.008>
19. Naros A, Weise H, Tilsen F, Hoefert S, Naros G, Krimmel M, et al. Three-dimensional accuracy of mandibular reconstruction by patient-specific pre-bent reconstruction plates using an “in-house” 3D-printer. *J Craniomaxillofac Surg.* 2018 Sep;46(9):1645–51. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jcms.2018.05.047>
20. Cha H-S, Park J-M, Kim T-H, Lee J-H. Wear resistance of 3D-printed denture tooth resin opposing zirconia and metal antagonists. *J Prosthet Dent.* 2020 Sep;124(3):387–94. doi: <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2019.09.004>
21. Wang W, Sun J. Dimensional accuracy and clinical adaptation of ceramic crowns fabricated with the stereolithography technique. *J Prosthet Dent.* 2020 May 14; doi: <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2020.02.032>
22. Höhne C, Rammler T, Schmitter M. 3D Printed Teeth with Included Veneer Preparation Guide. *J Prosthodont.* 2021 Jan;30(1):51–6. doi: <https://doi.org/10.1111/jopr.13250>
23. Fernandes N, van den Heever J, Hoogendijk C, Botha S, Booyesen G, Els J. Reconstruction of an Extensive Midfacial Defect Using Additive Manufacturing Techniques. *J Prosthodont.* 2016 Oct;25(7):589–94. doi: <https://doi.org/10.1111/jopr.12487>
24. Yadav S, Narayan AI, Choudhry A, Balakrishnan D. CAD/CAM-Assisted Auricular Prosthesis Fabrication for a Quick, Precise, and More Retentive Outcome: A Clinical Report. *J Prosthodont.* 2017 Oct;26(7):616–21. doi: <https://doi.org/10.1111/jopr.12589>

25. Moreno-Rabié C, Torres A, Lambrechts P, Jacobs R. Clinical applications, accuracy and limitations of guided endodontics: a systematic review. *Int Endod J*. 2020 Feb;53(2):214–31. doi: <https://doi.org/10.1111/iej.13216>
26. Shah P, Chong BS. 3D imaging, 3D printing and 3D virtual planning in endodontics. *Clin Oral Investig*. 2018 Mar;22(2):641–54. doi: <https://doi.org/10.1007/s00784-018-2338-9>
27. Verweij JP, Jongkees FA, Anssari Moin D, Wismeijer D, van Merkesteyn JPR. Autotransplantation of teeth using computer-aided rapid prototyping of a three-dimensional replica of the donor tooth: a systematic literature review. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2017 Nov;46(11):1466–74. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijom.2017.04.008>
28. Anderson J, Wealleans J, Ray J. Endodontic applications of 3D printing. *Int Endod J*. 2018 Sep;51(9):1005–18. doi: <https://doi.org/10.1111/iej.12917>
29. Gul M, Arif A, Ghafoor R. Role of three-dimensional printing in periodontal regeneration and repair: Literature review. *J Indian Soc Periodontol*. 23(6):504–10. doi: [https://doi.org/10.4103/jisp.jisp\\_46\\_19](https://doi.org/10.4103/jisp.jisp_46_19)
30. Smandri A, Nordin A, Hwei NM, Chin K-Y, Abd Aziz I, Fauzi MB. Natural 3D-Printed Bioinks for Skin Regeneration and Wound Healing: A Systematic Review. *Polymers (Basel)*. 2020 Aug 10;12(8). doi: <https://doi.org/10.3390/polym12081782>
31. Unagolla JM, Jayasuriya AC. Hydrogel-based 3D bioprinting: A comprehensive review on cell-laden hydrogels, bioink formulations, and future perspectives. *Appl Mater today*. 2020 Mar;18. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apmt.2019.100479>
32. Seifert LB, Schnurr B, Herrera-Vizcaino C, Begic A, Thieringer F, Schwarz F, et al. 3D-printed patient individualised models vs cadaveric models in an undergraduate oral and maxillofacial surgery curriculum: Comparison of student's perceptions. *Eur J Dent Educ*. 2020 Nov;24(4):799–806. doi: <https://doi.org/10.1111/eje.12522>
33. Hanisch M, Kroeger E, Dekiff M, Timme M, Kleinheinz J, Dirksen D. 3D-printed Surgical Training Model Based on Real Patient Situations for Dental Education. *Int J*

Environ Res Public Health. 2020 Apr 22;17(8):2901. doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph17082901>

34. Largo RD, Garvey PB. Updates in Head and Neck Reconstruction. *Plast Reconstr Surg.* 2018 Feb;141(2):271e-285e. doi: <https://doi.org/10.1097/prs.0000000000004070>

35. Rogers-Vizena CR, Sporn SF, Daniels KM, Padwa BL, Weinstock P. Cost-Benefit Analysis of Three-Dimensional Craniofacial Models for Midfacial Distraction: A Pilot Study. *Cleft Palate Craniofac J.* 2017;54(5):612–7. doi: <https://doi.org/10.1597/15-281>

36. Aly P, Mohsen C. Comparison of the Accuracy of Three-Dimensional Printed Casts, Digital, and Conventional Casts: An In Vitro Study. *Eur J Dent.* 2020 Mar;14(2):189–93. doi: <https://doi.org/10.1055/s-0040-1705243>

37. Katheng A, Kanazawa M, Iwaki M, Minakuchi S. Evaluation of dimensional accuracy and degree of polymerization of stereolithography photopolymer resin under different postpolymerization conditions: An in vitro study. *J Prosthet Dent.* 2020 May 13; doi: <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2020.02.023>

38. Yu C, Schimelman J, Wang P, Miller KL, Ma X, You S, et al. Photopolymerizable Biomaterials and Light-Based 3D Printing Strategies for Biomedical Applications. *Chem Rev.* 2020 Oct 14;120(19):10695–743. doi: <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.9b00810>

39. Le Guéhennec L, Van Hede D, Plougonven E, Nolens G, Verlée B, De Pauw M-C, et al. In vitro and in vivo biocompatibility of calcium-phosphate scaffolds three-dimensional printed by stereolithography for bone regeneration. *J Biomed Mater Res A.* 2020;108(3):412–25. doi: <https://doi.org/10.1002/jbm.a.36823>

40. Khatri B, Frey M, Raouf-Fahmy A, Scharla M-V, Hanemann T. Development of a multi-material stereolithography 3D printing device. *Micromachines.* 2020 May 22;11(5):532. doi: <https://doi.org/10.3390/mi11050532>

41. Kessler A, Hickel R, Reymus M. 3D Printing in Dentistry-State of the Art. *Oper Dent.* 45(1):30–40. doi: <https://doi.org/10.2341/18-229-l>

42. Mangano FG, Admakin O, Bonacina M, Biaggini F, Farronato D, Lerner H. Accuracy of 6 Desktop 3D Printers in Dentistry: A Comparative In Vitro Study. *Eur J Prosthodont Restor Dent*. 2020 May 28;28(2):75–85. doi: [https://doi.org/10.1922/ejprd\\_2050mangano11](https://doi.org/10.1922/ejprd_2050mangano11)
43. Stansbury JW, Idacavage MJ. 3D printing with polymers: Challenges among expanding options and opportunities. *Dent Mater*. 2016 Jan;32(1):54–64. doi: <https://doi.org/10.1016/j.dental.2015.09.018>
44. Ertugrul I. The Fabrication of Micro Beam from Photopolymer by Digital Light Processing 3D Printing Technology. *Micromachines*. 2020 May 20;11(5). doi: <https://doi.org/10.3390/mi11050518>
45. Sherman SL, Kadioglu O, Currier GF, Kierl JP, Li J. Accuracy of digital light processing printing of 3-dimensional dental models. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2020 Mar;157(3):422–8. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2019.10.012>
46. Fiedor P, Ortyl J. A New Approach to Micromachining: High-Precision and Innovative Additive Manufacturing Solutions Based on Photopolymerization Technology. *Mater (Basel, Switzerland)*. 2020 Jul 1;13(13). doi: <https://doi.org/10.3390/ma13132951>
47. Crafts TD, Ellsperman SE, Wannemuehler TJ, Bellicchi TD, Shipchandler TZ, Mantravadi A V. Three-Dimensional Printing and Its Applications in Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 2017;156(6):999–1010. doi: <https://doi.org/10.1177/0194599816678372>
48. Morgan AJL, Hidalgo San Jose L, Jamieson WD, Wymant JM, Song B, Stephens P, et al. Simple and Versatile 3D Printed Microfluidics Using Fused Filament Fabrication. *PLoS One*. 2016;11(4):e0152023. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0152023>
49. Sommacal B, Savic M, Filippi A, Kühn S, Thieringer FM. Evaluation of Two 3D Printers for Guided Implant Surgery. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 33(4):743–746. doi: <https://doi.org/10.11607/jomi.6074>

50. Muta S, Ikeda M, Nikaido T, Sayed M, Sadr A, Suzuki T, et al. Chairside fabrication of provisional crowns on FDM 3D-printed PVA model. *J Prosthodont Res*. 2020 Oct;64(4):401–7. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jpor.2019.11.004>
51. Maschio F, Pandya M, Olszewski R. Experimental Validation of Plastic Mandible Models Produced by a “Low-Cost” 3-Dimensional Fused Deposition Modeling Printer. *Med Sci Monit*. 2016 Mar 22;22:943–57. doi: <https://doi.org/10.12659/msm.895656>
52. Tao O, Kort-Mascort J, Lin Y, Pham HM, Charbonneau AM, ElKashty OA, et al. The Applications of 3D Printing for Craniofacial Tissue Engineering. *Micromachines*. 2019 Jul 17;10(7). doi: <https://doi.org/10.3390/mi10070480>
53. Miyanaji H, Zhang S, Lassell A, Zandinejad A, Yang L. Process Development of Porcelain Ceramic Material with Binder Jetting Process for Dental Applications. *JOM*. 2016 Mar 5;68(3):831–41. doi: 10.1007/s11837-015-1771-3
54. Tahayeri A, Morgan M, Fugolin AP, Bompolaki D, Athirasala A, Pfeifer CS, et al. 3D printed versus conventionally cured provisional crown and bridge dental materials. *Dent Mater*. 2018;34(2):192–200. doi: <https://doi.org/10.1016/j.dental.2017.10.003>
55. Fina F, Goyanes A, Gaisford S, Basit AW. Selective laser sintering (SLS) 3D printing of medicines. *Int J Pharm*. 2017 Aug 30;529(1–2):285–93. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2017.06.082>
56. Mangano C, Mangano FG, Shibli JA, Roth LA, d’Addazio G, Piattelli A, et al. Immunohistochemical Evaluation of Peri-Implant Soft Tissues around Machined and Direct Metal Laser Sintered (DMLS) Healing Abutments in Humans. *Int J Environ Res Public Health*. 2018;15(8). doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph15081611>
57. Msallem B, Sharma N, Cao S, Halbeisen FS, Zeilhofer H-F, Thieringer FM. Evaluation of the Dimensional Accuracy of 3D-Printed Anatomical Mandibular Models Using FFF, SLA, SLS, MJ, and BJ Printing Technology. *J Clin Med*. 2020 Mar 17;9(3). doi: <https://doi.org/10.3390/jcm9030817>

58. Barazanchi A, Li KC, Al-Amleh B, Lyons K, Waddell JN. Additive Technology: Update on Current Materials and Applications in Dentistry. *J Prosthodont*. 2017 Feb;26(2):156–63. doi: <https://doi.org/10.1111/jopr.12510>
59. Tack P, Victor J, Gemmel P, Annemans L. 3D-printing techniques in a medical setting: a systematic literature review. *Biomed Eng Online*. 2016 Oct 21;15(1):115. doi: <https://doi.org/10.1186/s12938-016-0236-4>
60. Kröger E, Dekiff M, Dirksen D. 3D printed simulation models based on real patient situations for hands-on practice. *Eur J Dent Educ*. 2017 Nov;21(4):e119–25. doi: <https://doi.org/10.1111/eje.12229>
61. Wang C, Shi Y-F, Xie P-J, Wu J-H. Accuracy of digital complete dentures: A systematic review of in vitro studies. *J Prosthet Dent*. 2020 Feb 27; doi: <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2020.01.004>
62. Adel-Khattab D, Giacomini F, Gildenhaar R, Berger G, Gomes C, Linow U, et al. Development of a synthetic tissue engineered three-dimensional printed bioceramic-based bone graft with homogenously distributed osteoblasts and mineralizing bone matrix in vitro. *J Tissue Eng Regen Med*. 2018;12(1):44–58. doi: <https://doi.org/10.1002/term.2362>
63. Berger M, Probst F, Schwartz C, Cornelsen M, Seitz H, Ehrenfeld M, et al. A concept for scaffold-based tissue engineering in alveolar cleft osteoplasty. *J Craniomaxillofac Surg*. 2015 Jul;43(6):830–6. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jcms.2015.04.023>
64. Wubneh A, Tsekoura EK, Ayranci C, Uludağ H. Current state of fabrication technologies and materials for bone tissue engineering. *Acta Biomater* [Internet]. 2018;80:1–30. doi: <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2018.09.031>
65. Ma Y, Xie L, Yang B, Tian W. Three-dimensional printing biotechnology for the regeneration of the tooth and tooth-supporting tissues. *Biotechnol Bioeng* [Internet]. 2019;116(2):452–68. doi: <https://doi.org/10.1002/bit.26882>



66. Salmi M, Ituarte IF, Chekurov S, Huutilainen E. Effect of build orientation in 3D printing production for material extrusion, material jetting, binder jetting, sheet object lamination, vat photopolymerisation, and powder bed fusion. *Int J Collab Enterp.* 2016;5(3/4):218. doi: <https://doi.org/10.1504/IJCENT.2016.082334>
67. Thompson MK, Moroni G, Vaneker T, Fadel G, Campbell RI, Gibson I, et al. Design for Additive Manufacturing: Trends, opportunities, considerations, and constraints. *CIRP Ann.* 2016;65(2):737–60. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2016.05.004>
68. Schönherr JA, Baumgartner S, Hartmann M, Stampfl J. Stereolithographic Additive Manufacturing of High Precision Glass Ceramic Parts. *Mater (Basel, Switzerland)*. 2020 Mar 25;13(7). doi: <https://doi.org/10.3390/ma13071492>

Conflito de interesses: Nenhum.



### 3.2 Artigo 2 – Scoping Review sobre diferentes softwares de simulação virtual do sorriso utilizados em Dentística.

O presente manuscrito foi redigido de acordo com as normas para publicação na Revista Clinical and Laboratorial Research in Dentistry (CLRD), atendendo assim, as metas da Instituição e viabilizando a transferência de conhecimento à comunidade científica.

**Área:** Dentística / Odontologia Digital

**Categoria do artigo:** Revisão de Escopo

#### RESUMO

**1. Objetivo:** Identificar, na literatura, os diferentes softwares que possam ser utilizados para simular virtualmente o sorriso durante o planejamento e tratamento estético na especialidade odontológica em Dentística Restauradora. **2. Método:** Foi realizado um *Scoping Review* com base nas recomendações do *The Institute Joanna Brigs* (JBI). A pergunta base da revisão, de acordo com o acrônimo PCC (População, Conceito e Contexto), foi: *Quais são os softwares de simulação virtual do sorriso utilizados para o planejamento e tratamento em Dentística?* **3. Resultado:** 25 artigos foram incluídos no estudo e foram identificados 30 softwares que podem ser aplicados em Dentística Restauradora. **4. Conclusão:** Embora existam diferentes programas computacionais de simulação do sorriso, é fundamental que o Cirurgião-Dentista, especialista em estética, adote o protocolo *Digital Smile Design*, sobretudo nos casos de múltiplas restaurações dentárias a fim de melhorar a previsibilidade da reabilitação oral.

**Descritores:** Software. Design. Dentistry, Operative. Computer Simulation. Technology.

**Apoio:** CNPq (processo: 157787/2019-2)

## 1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a composição dos sorrisos com aspectos naturais, individuais e estéticos com a implementação de tecnologias digitais no planejamento virtuais, estão entre os avanços mais admiráveis na evolução da odontologia estética<sup>1</sup>. A reabilitação na área odontológica tem sofrido um forte desenvolvimento na estética e na cosmética, beneficiando tanto o aperfeiçoamento de algumas técnicas laboratoriais como da definição de alguns critérios anatômicos úteis à estética do sorriso<sup>2</sup>.

Nesse cenário, os programas de computadores podem permitir que os clínicos desenhem, na tela do computador, linhas de referência estéticas nas fotos do rosto e do sorriso dos pacientes, no lugar de desenhar em fotos impressas ou nos modelos de estudo, ilustrando assim, proporções e formas dentárias idealizadas e personalizadas na imagem digital.<sup>1. 3.</sup> Estes métodos auxiliam na análise detalhada das características dentais e faciais do paciente por meio de avaliações clínicas, documentação fotográfica e diagnósticas de enceramento, permitindo a identificação de discrepâncias na morfologia dos tecidos moles e duros.<sup>4. 5.</sup>

No planejamento digital, o profissional, o paciente e o técnico podem mensurar, detalhadamente, as características que por ventura passaram despercebidas durante o exame clínico.<sup>6</sup> Com ferramentas digitais avançadas, os pacientes podem selecionar dentes naturais e os sorrisos que correspondem às suas preferências e expectativas pessoais.<sup>1. 2. 7. 8.</sup>

O *Digital Smile Design* (DDS) pode ser citado como uma ferramenta importante. Trata-se de um planejador digital para odontologia estética, no qual a avaliação da relação estética entre os dentes, gengiva, sorriso e rosto é obtida por meio de traços e desenhos digitais, os quais são inseridos nas fotografias faciais e intra orais do paciente.<sup>8</sup> É uma ferramenta eficaz para comunicar possibilidades estéticas aos pacientes antes do início do tratamento, bem como comunicar os resultados desejados a outros membros da equipe clínica e laboratorial.<sup>9. 10. 11. 12</sup> Neste contexto, diversos softwares de diferentes complexidades têm sido citados para tal fim.

O objetivo deste estudo é identificar os diferentes *softwares* que possam ser utilizados para simular virtualmente o sorriso, durante o planejamento e tratamento reabilitador na especialidade odontológica em Dentística Restauradora.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Trata-se de uma *Scoping Review* com base nas recomendações do *The Institute Joanna Brigs* (JBI). O JBI é uma organização internacional de investigação sem fins lucrativos e tem por objetivo melhorar os resultados na área da saúde mundialmente através do embasamento para à pesquisa de cuidados baseados em evidências, identificando práticas de saúde viáveis, apropriadas e eficazes no auxílio para impactos positivos na saúde global. <sup>13</sup>

Desse modo, a *Scoping Review* possui um propósito mais amplo e adota critérios de inclusão menos restritivos. Para a construção da pergunta da pesquisa, aplicou-se a estratégia *Population, Concept e Context* (PCC), definido assim: P – Dentística; C softwares odontológicos/simulação virtual do sorriso/Digital smile design; C – planejamento/tratamento. Com base neste modelo, foi estabelecida a seguinte questão norteadora: “*Quais são os softwares de simulação virtual do sorriso utilizados para o planejamento e tratamento em Dentística?*”

Para a busca, foram selecionados os seguintes descritores padronizados e seus sinônimos e/ou palavras chaves, utilizando-se os termos booleanos:

A) No banco de dados do PUBMED: *Dentistics OR Restorative Dentistry OR Operative Dentistry OR Cosmetic Dentistry OR Aesthetic Dentistry OR Esthetic Dentistry AND Dental Software OR Dental Simulation OR Digital Smile Design AND Dental Planning OR Dental Treatment*, onde foram identificados 1441 estudos;

B) No banco de dados Scientific Electronic Library Online (SciELO) utilizou-se a seguinte fórmula de busca: *(Dental Software) OR (Dental Simulation) OR (Digital Smile Design)*, no qual forneceu 512 resultados iniciais.

Para a seleção dos estudos, foi realizada a leitura criteriosa do título, resumo e palavras-chave, levando-se em consideração os critérios de inclusão e exclusão estabelecidos (Quadro 4). Nas ocasiões em que o título, o resumo e as palavras-chave não foram suficientes para definir a seleção, realizou-se a leitura do artigo na íntegra.

#### Quadro 4 - Critérios de seleção dos artigos

**Critérios de Inclusão:**

1. Estudos que responderam à pergunta de busca desenvolvido através do PCC.
2. Artigos com temática relacionada a técnica do *Digital Smile Design*.
3. Pesquisas com foco na especialidade em Dentística Operatória ou interdisciplinares intimamente associadas aos procedimentos restauradores unitários.
4. Apenas publicação no idioma inglês.
5. Abordagem quantitativa e qualitativa.
6. Estudos primários, revisões, metanálises e/ou metassínteses.

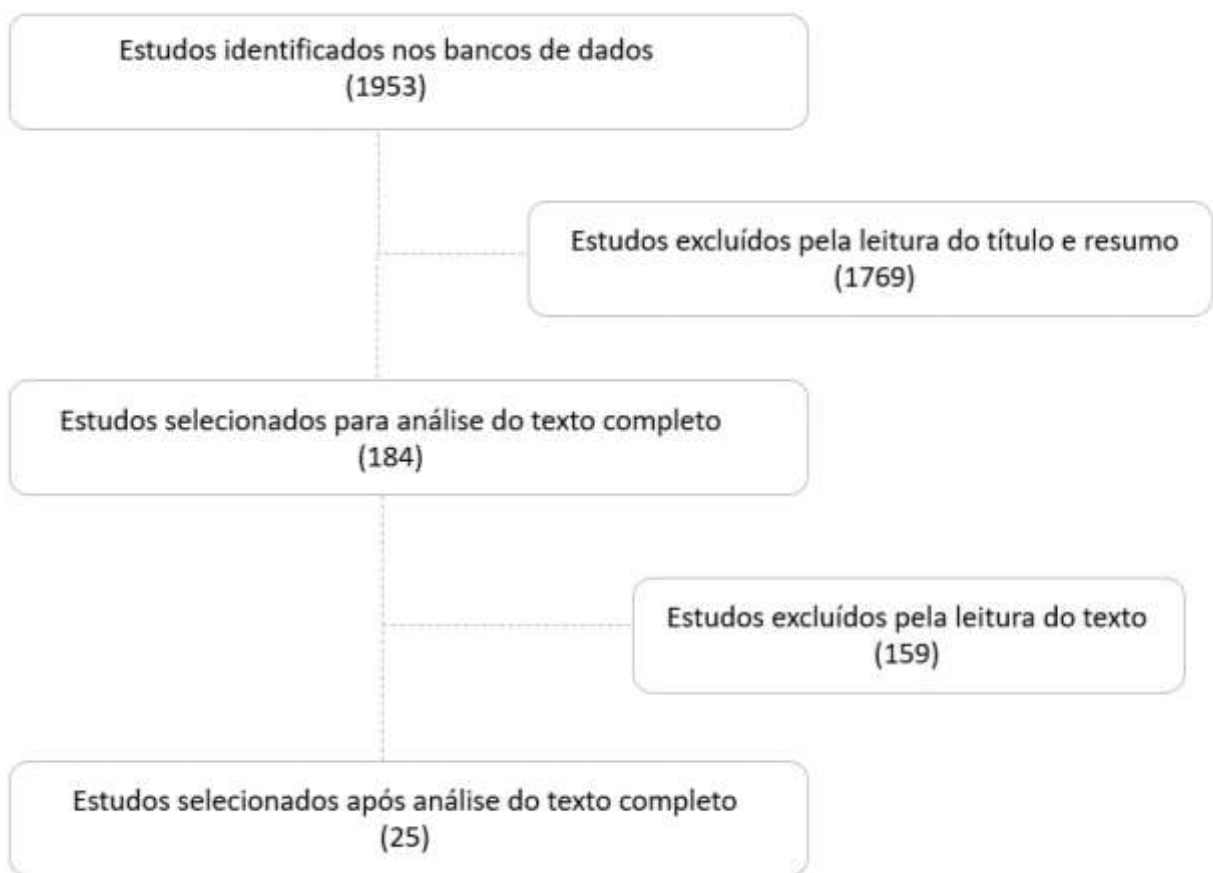
**Critérios de Exclusão:**

1. Folhetos e artigos de opinião.
2. Livros e guidelines, teses e dissertações, publicados em fontes indexadas ou na literatura cinzenta.
3. Estudos como enfoque dos scanners 3D odontológicos, sistemas CAD/CAM e impressoras aditivas, salvo os que abordarem sobre o *Digital Smile Design (DSD)*
4. Conteúdos em áreas concentradas, exclusivamente, em outras especialidades odontológicas:
  - a. *Cirurgia e Traumatologia Buco-Maxilo-Faciais*
  - b. *Estomatologia/Patologia*
  - c. *Prótese Dentária (prótese sobre implantes, próteses totais e próteses removíveis)*
  - d. *Prótese Buco-Maxilo-Facial*
  - e. *Implantodontia*
  - f. *Harmonização Orofacial*
  - g. *Ortodontia*
  - h. *Endodontia*
5. Temática de planejamento odontológico através de exames radiográficos e *softwares* imagiológicos em 3D referente aos exames de tomografia computadorizada de feixe cônico ou de cefalometria.
6. Abordagem de simuladores virtuais hápticos 3D ou relacionada a educação odontológica pré-clínica.
7. Estudos de *softwares* para avaliar a movimentação dentária ou programa de modelos digitais 3D para estudos, exclusivamente, ortodônticos.
8. Conteúdo de simulação odontológica cirúrgica tridimensional.
9. Estudos com foco em exames de vídeos.

Após leitura dos títulos e resumos dos 1953 estudos encontrados, 184 foram selecionados para leitura na íntegra. Entre estes 25 foram incluídos neste estudo por responderem os critérios de inclusão estabelecidos.

O processo de seleção dos artigos e o resultado final dessa revisão encontram-se descritos no Diagrama 1.

**Diagrama 1 – Processo de seleção dos estudos e os seus resultados**



Depois da seleção dos estudos, os dados destes foram extraídos por meio de instrumento estruturado pelo próprio pesquisador. Os estudos foram denominados de artigos, classificados em com letras do alfabeto de forma decrescente, de acordo com o ano de publicação e os resultados foram apresentados na forma de quadros e relatório discursivo.

### 3- RESULTADOS

Entre os 25 (100,0%) artigos encontrados, a maioria 21 (84,0%) foram publicados nos últimos 5 anos (entre 2016 e 2021). Também é importante destacar que todas as publicações encontradas datam dos últimos nove anos. O Quadro 5, apresenta os estudos selecionados de acordo com autoria, ano de publicação, periódico e local do estudo.

Quadro 5 Caracterização dos 25 estudos avaliados conforme ano de publicação, autoria, nome do periódico e país do estudo.

Artigo	Autoria	Ano	Periódico	País do estudo
A	Piedra-Cascón W <i>et. al.</i> <sup>14</sup>	2021	J. Esthet. Restor. Dent.	Estudo multicêntrico (Espanha e EUA)
B	Coachman C. <i>et. al.</i> <sup>20</sup>	2021	J. Esthet. Restor. Dent.	Estudo multicêntrico (EUA, Alemanha e Brasil)
C	Do Vale Voigt M. <i>et. al.</i> <sup>22</sup>	2020	J. Esthet. Restor. Dent.	Estudo multicêntrico (Brasil e UK)
D	Shi S. <i>et. al.</i> <sup>16</sup>	2020	J Prosthodont.	China
E	Lo Giudice A. <i>et. al.</i> <sup>28</sup>	2020	BMC Oral Health	Itália
F	Jafri Z. <i>et. al.</i> <sup>19</sup>	2020	J. Oral Biol. Craniofac. Res.	Índia
G	Kurbad A. <sup>29</sup>	2020	Int J Comput Dent.	Alemanha
H	Da Cunha L.F. <i>et. al.</i> <sup>6</sup>	2019	Indian J. Dent. Res.	Brasil
I	Lee J.H. <i>et. al.</i> <sup>26</sup>	2019	Medicine (Baltimore)	Coréia do Sul
J	Blatz M.B. <i>et. al.</i> <sup>1</sup>	2019	J. Dent. Res.	Estudo multicêntrico (EUA e Brasil)
K	Fan F. <i>et. al.</i> <sup>30</sup>	2019	J Prosthet Dent.	China
L	Cervino G. <i>et. al.</i> <sup>2</sup>	2019	Dent J (Basel)	Estudo multicêntrico (Itália e Rússia)
M	Revilla-León M <i>et. al.</i> <sup>31</sup>	2019	J. Prosthet Dent.	Estudo multicêntrico (Espanha e Suíça)
N	Seay A. <sup>15</sup>	2018	Compend Contin Educ Dent.	EUA
O	Stanley M. <i>et. al.</i> <sup>12</sup>	2018	BMC Oral Health	Estudo multicêntrico (Portugal e Brasil)
P	Sundar M.K. e Chelliah V. <sup>17</sup>	2018	Compend Contin Educ Dent.	Índia
Q	Omar D. e Duarte C. <sup>11</sup>	2018	Saudi Dent J.	Emirados Árabes Unidos
R	Veneziani M. <sup>27</sup>	2017	Int J Esthet Dent.	Itália
S	Pinzan-Vercelino C.R.M. <i>et. al.</i> <sup>5</sup>	2017	Int J Orthod Milwaukee	Brasil
T	Pimentel W. <i>et. al.</i> <sup>7</sup>	2016	J Prosthodont.	Brasil
U	Meereis C.T. <i>et. al.</i> <sup>3</sup>	2016	Oper. Dent.	Brasil
V	Zimmermann M. e Mehl A. <sup>24</sup>	2015	Int J Comput Dent.	Suíça
W	Kurbad A. <sup>23</sup>	2015	Int J Comput Dent.	Alemanha
X	Arias DM. <i>et. al.</i> <sup>21</sup>	2014	Dent Clin North Am.	EUA
Y	McLaren EA <i>et. al.</i> <sup>25</sup>	2013	Compend. Contin. Educ. Dent.	EUA

Para análise dos artigos, foram ainda identificados os objetivos, o desenho metodológico dos estudos e os principais resultados e conclusões, os quais estão apresentados no Quadro 6.



Quadro 6. Artigos conforme objetivos, desenho metodológico e principais resultados e conclusões.

Artigo	Objetivos	Desenho metodológico	Principais Resultados e Conclusões
A <sup>14</sup>	Revisa as técnicas e os programas de software de desenho auxiliado por computador (CAD) 2D e 3D disponíveis para realizar um enceramento diagnóstico para procedimentos restauradores.	Revisão de Literatura	Mais estudos são necessários para avaliar a precisão das representações virtuais 3D e a influência do tipo de representação dimensional nas percepções estéticas dos profissionais da odontologia.
B <sup>20</sup>	Propõe uma classificação de software odontológico com base na linha do tempo do fluxo de trabalho digital e apresenta as características / ferramentas ideais do software para cada fase.	Revisão de Literatura	A classificação sugerida auxilia os profissionais em diferentes fases do fluxo de trabalho digital e fornece orientações para o aprimoramento e o desenvolvimento de tecnologias digitais antes da aceitação do plano de tratamento pelo paciente.
C <sup>22</sup>	Ilustra a utilização do DSDapp para planejamento estético em um caso clínico que incluiu cirurgia plástica periodontal e facetas de cerâmica laminada.	Relato de caso	O uso de DSDapp acelerou as etapas iniciais de planejamento. O planejamento do sorriso pode ser realizado durante a sessão clínica com a participação ativa do paciente. O DSDapp facilitou uma melhor comunicação dentro da equipe multidisciplinar.
D <sup>16</sup>	Demonstra como alcançar resultados estéticos e funcionais ideais usando um fluxo de trabalho totalmente digital, em um paciente com Dentinogênese Imperfecta Tipo II (DI-II)	Relato de caso	Em comparação com os métodos analógicos tradicionais, as técnicas digitais podem promover a comunicação entre clínicos e técnicos dentais, alcançar uma oclusão precisa com eficiência relativamente alta e melhorar a eficácia da reabilitação estética no tratamento dos pacientes com DI-II.
E <sup>28</sup>	Investiga a veracidade de mock-ups obtidos com tecnologia de fresagem e impressão 3D e um sistema de fluxo de trabalho totalmente digital, utilizando o DSD	Relato de caso	Tanto o protótipo quanto os modelos fresados mostraram um ligeiro incremento dimensional em comparação ao projeto 3D original. Deve-se ter cuidado ao avaliar a veracidade dos manufaturados digitalizados, uma vez que um erro intrínseco na computação do algoritmo pode subestimar as dimensões do objeto real.
F <sup>19</sup>	Revisa os aspectos do desenho digital do sorriso na prática odontológica estética no que diz respeito ao seu uso, vantagens, limitações e perspectivas futuras.	Revisão de Literatura	O conceito de design de sorriso digital é uma ferramenta útil na visualização estética do problema do paciente. Ele não apenas ajuda os pacientes a visualizar o resultado do tratamento, mas também melhora o diagnóstico e o planejamento do tratamento pelo médico.
G <sup>29</sup>	Apresenta o uso da realidade ampliada, através do software IvoSmile, para o planejamento do tratamento estético	Relato de caso	Com uma visualização rápida, embora não perfeita, o IvoSmile cria condições muito mais claras no modo de motivação e, em muitos casos, serve para criar um desejo no paciente por aquele sorriso.
H <sup>6</sup>	Apresenta um caso clínico envolvendo tratamento multidisciplinar iniciado por planejamento digital utilizando software específico (Cara Smile).	Relato de caso	O software Cara Smile sugere ser eficaz para auxiliar dentistas, pacientes e técnicos na fase de planejamento (facilitando o diagnóstico) e na discussão do caso (melhorando a comunicação entre os membros da equipe envolvidos). Isso permite que todos os envolvidos visualizem os resultados provisórios e aumenta a aceitação do tratamento pelo paciente
I <sup>26</sup>	Descreve um procedimento de reabilitação de paciente com bruxismo usando uma combinação de materiais restauradores convencionais e CAD / CAM com o desenho digital do sorriso (DDS)	Relato de caso	Uma combinação adequada de métodos convencionais e digitais parece ser a melhor opção de tratamento na prática odontológica contemporânea.
J <sup>1</sup>	Oferece uma visão geral da evolução da odontologia estética nos últimos 100 anos e destacar os avanços no desenvolvimento de pesquisas odontológicas e intervenções clínicas que contribuíram para a ciência e a arte da odontologia estética.	Revisão de Literatura	A odontologia estética teve um grande progresso nos últimos 100 anos, especialmente com a aplicação de ferramentas digitais e fluxos de trabalho que facilitam uma abordagem interdisciplinar 3D personalizada para o design do sorriso e execução de tratamento.
K <sup>30</sup>	Ilustra um tratamento multidisciplinar de DGI-II para restaurar e proteger características estéticas e funcionais.	Relato de caso	Nos aspectos de design estético, o DDS pode desempenhar um papel importante na obtenção de um resultado satisfatório.
L <sup>2</sup>	Recolhe todos os resultados relativos à utilização das técnicas e softwares digitais de Design Digital do Sorriso, destacando os campos de utilização nas diferentes especialidades Odontológicas	Revisão sistemática	Todos os artigos presentes na literatura a respeito do Digital Smile Design, demonstra que esta ferramenta fornece informações importantes para o clínico e o paciente. Os pacientes podem ver suas reabilitações antes mesmo de começar, e isso pode ter importantes funções médico-legais
M <sup>31</sup>	Descreve um fluxo de trabalho digital com digitalização intraoral, software de design auxiliado por computador (CAD) e procedimentos de manufatura subtrativa e aditiva para um paciente que recebe facetas laminadas de dissilicato de lítio	Relato de caso	O software CAD permitiu o alinhamento do enceramento virtual 3D com uma fotografia bidimensional do paciente, que poderia ser utilizada como ferramenta de comunicação.

N <sup>15</sup>	Demonstra o uso das ferramentas digitais para aprimorar a comunicação entre o dentista e o laboratório em um caso esteticamente desafiador.	Relato de caso	O software de apresentação pode ser eficaz para comunicar os resultados desejados ao laboratório e permitir que os clínicos planejem o desenho do sorriso no pré-operatório e visualizem os resultados do tratamento antes de iniciar o tratamento.
O <sup>12</sup>	Apresenta um caso clínico que segue um fluxo de trabalho totalmente digital.	Relato de caso	Graças à evolução da tecnologia em odontologia, é possível fazer um caso totalmente digital e solucionar problemas como perda de dimensão vertical com sucesso. No entanto, mais estudos clínicos são necessários para se obter resultados consistentes sobre o fluxo de trabalho digital em comparação à técnica convencional em casos de perda de dimensão vertical.
P <sup>17</sup>	Explica uma técnica para criar diferentes formas de modelos de dentes usando o Adobe Photoshop <sup>®</sup> CS6 que eventualmente pode ser usado para fins de design de sorrisos, tanto no Photoshop quanto no Microsoft Powerpoint	Relato de caso	Os modelos de design de sorriso podem ser usados na prática diária para aumentar a comunicação profissional / paciente; permitir um planejamento de tratamento aprimorado e maior previsibilidade para o restabelecimento do sorriso.
Q <sup>11</sup>	Compara os programas de DSD comumente usados em odontologia estética e sua capacidade de avaliar parâmetros estéticos	Revisão de Literatura	A comparação de vários programas de DDS esclarece a competência de todos esses programas no design de sorriso digital abrangente que deve incluir parâmetros estéticos faciais, dentogengivais e dentais. A consideração de todos os fatores relevantes pode afetar a escolha do programa DDS a ser usado na prática clínica.
R <sup>27</sup>	Descreve um protocolo bem definido para o tratamento de casos estéticos complexos com o uso de facetas cerâmicas.	Relato de caso	A programação de cada fase de tratamento, também graças a novas ferramentas virtuais úteis, como o DSD, representa um meio eficaz de comunicação clínico-paciente e pode fornecer ajuda confiável para toda a equipe odontológica.
S <sup>5</sup>	Apresenta uma abordagem para a distribuição do espaço do diastema com auxílio da ferramenta Digital Smile Design (DSD), permitindo procedimentos restauradores estéticos adequados e estáveis.	Relato de caso	O uso de DSD foi uma ferramenta importante para planejar, criar e entregar novos sorrisos esteticamente agradáveis com o máximo de previsibilidade.
T <sup>7</sup>	Descreve a associação do planejamento digital e design de restaurações com o uso de próteses provisórias para fornecer um resultado previsível em restaurações estéticas de dentes anteriores com facetas laminadas de porcelana.	Relato de caso	O projeto de restauração digital oferece comunicação objetiva com o paciente e auxilia o clínico durante o tratamento do paciente. A comunicação adequada entre o paciente e o clínico contribui para o sucesso das restaurações definitivas e para a satisfação do paciente com o resultado estético final.
U <sup>3</sup>	Apresenta um caso clínico e o acompanhamento de dois anos de reabilitação estética em que o método DDS foi utilizado para auxiliar e melhorar o diagnóstico, a comunicação e a previsibilidade do tratamento por meio de uma análise estética do conjunto: rosto, sorriso, tecido periodontal e dentes.	Relato de caso	O DSD é uma ferramenta que auxilia no diagnóstico e permite ao clínico prever melhor os resultados do tratamento por meio da análise dos princípios estéticos em fotografias digitais extra e intraorais. Além disso, a implementação de uma ferramenta digital de odontologia pode melhorar a comunicação entre o paciente, o clínico e os laboratórios dentários e pode se tornar uma técnica comum para todas as reabilitações estéticas. O DSD é uma técnica simples que não requer equipamento ou software específico; no entanto, o treinamento e o manuseio são necessários.
V <sup>24</sup>	Descreve o conceito de design do sorriso e as análises estéticas necessárias para a técnica. Compara várias opções e sistemas de DSD. Discute as vantagens/limitações e as maneiras de integrar um design de sorriso bidimensional (2D) ao fluxo de trabalho digital tridimensional (3D).	Relato Técnico / Revisão de Literatura	À luz dos novos avanços na tecnologia CAD / CAM, o potencial para o planejamento de tratamento virtual e subsequente tratamento exclusivamente digital parece viável e promissor. Para obter um tratamento holístico, as interfaces das soluções de software CAD / CAM existentes devem ser melhor interligadas para permitir as transições entre os diagnósticos 3D, o design 3D e o tratamento 3D.
W <sup>23</sup>	É discutido, através da demonstração de um caso clínico, o planejamento digital para a reabilitação estética do sorriso.	Relato de caso	O estudo não apresenta conclusões, mas infere que o enceramento ou design virtual pode ser usado para confeccionar um <i>mock-up</i> diagnóstico, o que na maioria dos casos permite ao paciente experimentar a proposta em seu estado atual de uma forma completamente não invasiva para ter uma ideia de qual será o resultado clínico.
X <sup>21</sup>	Descreve como otimizar o resultado estético com o auxílio da abordagem do DSD e as etapas adequadas a serem seguidas no diagnóstico e planejamento do tratamento de um paciente com sorriso gengival.	Relato de caso	O DSA é um instrumento de diagnóstico, ferramenta de marketing e educação do paciente, ferramenta de educação para dentistas e um auxiliar na comunicação laboratorial. Quando explorado em seu potencial máximo, ele fornece insights sobre a previsibilidade do tratamento, reduz erros e permite o controle dos fatores de risco.
Y <sup>25</sup>	Discute a seleção e configuração de câmera, lente e flash, e como executar tipos específicos de imagens usando a técnica Adobe <sup>®</sup> Photoshop Smile Design (PSD).	Relato Técnico	O estudo não apresenta conclusões, mas infere que ao compreender os elementos da estética e aprender como incorporar aplicações de tecnologia à odontologia clínica, os clínicos podem planejar previsivelmente o design do sorriso e comunicar os resultados previstos para pacientes e ceramistas.

Na análise dos artigos, foram identificados 30 softwares, que podem ser utilizados durante o planejamento e no tratamento em Dentística Restauradora. Os softwares encontrados e a frequência em que foram citados pelos estudos estão descritos no Quadro 7.

Quadro 7. Frequência dos tipos de softwares citados no levantamento bibliográfico

<b>Tipo de software</b>	<b>Frequência</b>
Keynote (Apple) <sup>1. 2. 3. 5. 7. 11. 14. 15. 19. 21. 23. 26. 27.</sup>	13
DSD App (Digital Smile Design) <sup>2. 11. 14. 19. 20. 21. 22. 23. 24.</sup>	9
Photoshop (Adobe) <sup>1. 2. 11. 14. 17. 19. 21. 25.</sup>	8
PowerPoint (Microsoft) <sup>1. 14. 15. 19. 21. 23. 27</sup>	7
Smile Designer Pro (Tasty Tech Ltd.) <sup>2. 11. 14. 19. 21. 23. 24.</sup>	7
CEREC Smile Design (Dentsply-Sirona) <sup>2. 11. 14. 19. 23. 24.</sup>	6
Planmeca (Romexis Smile Design) <sup>2. 11. 14. 19. 24.</sup>	5
VisagiSMile (Web Motion LTD) <sup>2. 11. 14. 19. 27.</sup>	5
Esthetic Digital Smile Design (ADSD - Dr. Valerio Bini) <sup>2. 11. 14. 19.</sup>	4
Digital Smile System (Just Digital) <sup>14. 24. 27. 28</sup>	4
NemoStudio, NemoDSD (Nemotec) <sup>12. 14. 19. 20.</sup>	4
Smile Design (3Shape) <sup>14. 24.</sup>	2
Dental Systems (3Shape) <sup>14. 31.</sup>	2
Exocad Matera (Exocad) <sup>14. 19</sup>	2
Cara Smile (Heraeus-Kulzer) <sup>6. 27.</sup>	2
Dental Systems (3Shape) <sup>14. 31.</sup>	2
Smile Linker (Hengdasheng) <sup>30. 16.</sup>	2
Smile Cloud Biometrics (ADN3D Bioetch SRL) <sup>14.</sup>	1
Smile Design Software (EGS Solutions) <sup>14</sup>	1
NemoSmile (Nemotec) <sup>14</sup>	1
DWOS (Dentalwings) <sup>14</sup>	1
ZirkhonZhan Software (ZirkhonZhan) <sup>14</sup>	1
3D Meshmixer (Autodesk) <sup>14</sup>	1
Blender - Scripts: 1. Open Dental MOD /2. Open Dental CAD / 3. Blender for Dental (B4D) (The Blender Foundation) <sup>14</sup>	1
Vectra (Vectra) <sup>14</sup>	1
MeshLab (Visual Computing Lab) <sup>14</sup>	1
Guided Positioning System (GPS) <sup>19</sup>	1
DSS (EGSolution) <sup>19</sup>	1
IvoSmile (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein. <sup>29</sup>	1
G Design (Hack Dental) <sup>24</sup>	1

Para auxiliar os especialistas em Dentística na escolha do *software* de desenho do sorriso, diante dos vários programas disponíveis no mercado, foi elaborado ainda um Quadro resumo da classificação dos softwares quanto a exclusividade e/ou possibilidade de uso na odontologia. Este quadro foi adaptado e atualizado com base em Piedra-Cascón W *et. al.*, (2021)<sup>14</sup>. Dessa forma o Quadro 8, apresenta os estudos denominados odontológicos (específicos para Odontologia) e não dentários (aqueles que podem ser utilizados em Odontologia, mas que não são específicos para tal fim), tanto bi (2D) como tridimensionais (3D).

Quadro 8. Classificação dos softwares de simulações utilizados em Dentística

<b>Classificação do programa de software</b>	<b>Programa de software</b>	<b>Fabricante</b>
CAD 2D não dentário	Photoshop	Adobe
	Keynote	Apple
	PowerPoint	Microsoft
CAD odontológico 2D	Cara Smile	Heraeus-Kulzer
	Smile Design	3Shape
	Smile Cloud Biometrics www.smilecloud.com	ADN3D Bioetch SRL
	Esthetic Digital Smile Design	ADSD - Dr. Valerio Bini
	CEREC Smile Design	Dentsply-Sirona
	DSD App	Digital Smile Design
	Smile Design Software	EGS Solutions
	Smile Creator	Exocad
	Digital Smile System	Just Digital
	NemoSmile	Nemotec
	Romexis Smile Design	Planmeca
	Smile Designer Pro	Tasty Tech Ltd.
	VisagiSMile	Web Motion LTD
	Smile Linker	Hengdasheng
CAD 3D não dentário	Meshmixer	Autodesk
	Blender - Scripts: 1. Open Dental MOD 2. Open Dental CAD 3. Blender for Dental (B4D)	The Blender Foundation
	Vectra	Vectra
	MeshLab	Visual Computing Lab
CAD odontológico 3D	DSS	(EGSolution)
	IvoSmile	Ivoclar Vivadent
	Dental Systems	3Shape
	DWOS	Dentalwings
	G Design	Hack Dental
	Exocad Matera	Exocad
	NemoStudio, NemoDSD	Nemotec
	ZirkhonZhan Software	ZirkhonZhan
	Guided Positioning System	GPS

Adaptado de Piedra-Cascón W *et. al.*, 2021

#### 4. DISCUSSÃO

Na era da odontologia digital, protocolos e procedimentos que tradicionalmente eram realizados de forma manufaturada, estão sendo facilitados por meio de recursos inovadores e tecnologicamente avançados, o que torna os métodos restauradores mais rápidos, mais simples e dimensionalmente abrangentes<sup>15</sup>, fato esse observado neste estudo, que aponta publicações diversas, divulgadas recentemente, por pesquisadores de diversos países (Quadro 1).

Comparada aos métodos analógicos convencionais, o processo tecnológico da digitalização em restaurações dentárias é uma realidade promissora. Os benefícios dos fluxos de trabalho digitais incluem maior eficiência do tempo da consulta, maior previsibilidade do tratamento, operações minimamente invasivas com melhores resultados funcionais, estéticos e produção técnica simplificada.<sup>16</sup>

Apesar dos avanços atuais na imagem tridimensionais e no desenho do sorriso, muitos dentistas ainda empregam métodos convencionais de desenho e maquetes analógicas (ou seja, feitas pelo homem) para avaliar e estabelecer reformas estéticas.<sup>17</sup> O Digital Smile Design (DSD) utiliza dados do paciente e informações coletadas por meio de procedimentos diagnósticos para criar um esquema de tratamento estético.<sup>10</sup> O DSD permite a análise das características dentais e faciais do paciente, juntamente com quaisquer fatores críticos que possam ter sido negligenciados durante os procedimentos clínicos, fotográficos e de anamnese.<sup>18</sup>

Para fazer um plano bidimensional ou tridimensional, o DSD pode ser transformado em um enceramento digital 3D, a partir da imagem digitalizada da arcada dentária ou de um modelo de estudo de gesso intra-oral, o que pode então, ser encerado digitalmente, seguindo o desenho original. Isso é feito com o software 3D, como o NemoSmile Design entre outros programas específicos, que permite que a maquete, bem como as restaurações provisórias e definitivas do sistema CAD/CAM, sejam preparadas individualmente.<sup>18</sup> Todavia o fluxo de trabalho digital 3D completo ainda não é amplamente utilizado, o que no futuro, pode ser suprimido à medida que maior quantidade de profissionais adotarem o *scanner* digital, impressoras 3D, CAD/CAM, podendo ainda se incorporar o conceito 4D, em que o movimento pode ser adicionado ao conceito de *design* do sorriso.<sup>19</sup>

Estudos têm demonstrado que o DSD fornece informações importantes para o clínico e para o paciente, no que diz respeito ao conforto dos pacientes em seus tratamentos, considerando-se a utilidade “comunicativa” do *software*, o planejamento terapêutico e de reabilitação estética e funcional dos pacientes. Com o uso dessa tecnologia, os pacientes podem ainda ver suas reabilitações antes mesmo de iniciar o tratamento, o que pode ainda, associar importantes informações para considerações médico-legais.<sup>2</sup>

Alguns autores, têm proposto uma nova classificação de *software* odontológico com base na linha do tempo do fluxo de trabalho digital, considerando o momento de aceitação do caso do paciente como chave nesta classificação, e apresentado as ferramentas de *software* ideais para cada fase.<sup>20</sup> Elencam ainda que os principais objetivos de um *software* de aceitação de pré-caso é: (a) aquisição de dados; (b) melhorar o processo de identificação dos problemas e diagnósticos do paciente; (c) simular, comparar as opções e promover um brainstorm em equipe das soluções; (c) melhorar o processo de tomada de decisão e avaliação de risco; (d) apresentar e explicar as opções de tratamento ao paciente, fazendo com que o paciente participe do processo de tomada de decisão com o pré-*software* como ferramenta de comunicação visual 3D.<sup>20</sup>

Ao realizar revisão sobre as técnicas e sobre os programas de *software* de desenho auxiliado por computador (CAD) 2D e 3D disponíveis para realizar um enceramento diagnóstico para procedimentos restauradores (Quadro 2.5), outros autores<sup>14</sup> informam que as ferramentas de diagnóstico e *design* podem variar entre os programas, e que várias descrições de técnicas podem ser encontradas. No entanto, inferem que a literatura que avalia a acurácia de pacientes virtuais e as variações de percepção entre as representações dimensionais 2D e 3D ainda é limitada.<sup>14</sup>

O *software* específico odontológico mais citado neste estudo foi o aplicativo de design digital de sorriso (DSDapp).<sup>2.11.14.19.20.21.22.23.24.</sup> Tal programa foi desenvolvido para facilitar o planejamento de tratamentos estéticos multidisciplinares<sup>22</sup>. No entanto, o DSD requer treinamento e habilidade do clínico para garantir seu uso eficaz<sup>22</sup>. O DSDapp fornece feedback imediato ao paciente, oferecendo maior previsibilidade e auxiliando no acompanhamento do plano de tratamento em todas as etapas clínicas.<sup>22</sup>

Todavia, apesar de existirem programas de design de sorriso digital disponíveis especificamente para dentistas, é possível usar o Photoshop<sup>1.2.11.14.17.19.21.25.</sup> e o Keynote<sup>1.2.3.5.7.11.14.15.19.21.23.26.27</sup> para criar e mostrar aos pacientes o tratamento cosmético dentário proposto. Segundo um dos estudos analisados<sup>11</sup>, tais programas medem e modificam o maior número de parâmetros estéticos dento faciais quando comparados aos programas específicos odontológicos. Sua principal desvantagem é que um grau moderado a avançado de treinamento é exigido do dentista para utilizar as funções do software no processo de *design* do sorriso.<sup>11</sup>

## 5. CONCLUSÃO

Embora existam inúmeros programas computacionais de simulação do sorriso, na atualidade, é fundamental que o Cirurgião-Dentista, especialista em estética, adote o protocolo *Digital Smile Design*, sobretudo nos casos de múltiplas restaurações dentárias a fim de melhorar a previsibilidade da reabilitação.

## REFERÊNCIAS

1. Blatz MB, Chiche G, Bahat O, Roblee R, Coachman C, Heymann HO. Evolution of Aesthetic Dentistry. **J Dent Res.** 2019 Nov;98(12):1294-1304. doi: 10.1177/0022034519875450. PMID: 31633462 Review.
2. Cervino G, Fiorillo L, Arzukanyan AV, Spagnuolo G, Cicciù M. Dental Restorative Digital Workflow: Digital Smile Design from Aesthetic to Function. **Dent J (Basel).** 2019 Mar 28;7(2):30. doi: 10.3390/dj7020030. PMID: 30925698
3. Meereis CT, de Souza GB, Albino LG, Ogliari FA, Piva E, Lima GS. Digital Smile Design for Computer-assisted Esthetic Rehabilitation: Two-year Follow-up. **Oper Dent.** 2016 Jan-Feb;41(1):E13-22. doi: 10.2341/14-350-S. Epub 2015 Oct 28. PMID: 26509231

4. Miranda ME, Olivieri KA, Rigolin FJ, de Vasconcellos AA. Esthetic Challenges in Rehabilitating the Anterior Maxilla: A Case Report. **Oper Dent.** 2016 Jan-Feb;41(1):2-7. doi: 10.2341/14-269-S. Epub 2015 Aug 5. PMID: 26244265
5. Pinzan-Vercelino CRM, Pereira CC, Lima LR, Gurgel JA, Bramante FS, Pereira ALP, Lima DM, Bandeca MC. Two-Year Follow-up of Multidisciplinary Treatment Using Digital Smile Design as a Planning Tool for Esthetic Restorations on Maxillary Midline Diastema. **Int J Orthod Milwaukee.** 2017 Spring;28(1):67-70. PMID: 29990406
6. Da Cunha LF, Fernandes ABF, Baechtold MS, Correr GM, Gonzaga CC. Cara smile: Use of planning software to facilitate esthetic dental treatment in a case. **Indian J Dent Res.** 2019 Nov-Dec;30(6):964-969. doi: 10.4103/ijdr.IJDR\_637\_17. PMID: 31939380
7. Pimentel W, Teixeira ML, Costa PP, Jorge MZ, Tiozzi R. Predictable Outcomes with Porcelain Laminate Veneers: A Clinical Report. **J Prosthodont.** 2016 Jun;25(4):335-40. doi: 10.1111/jopr.12413. Epub 2015 Dec 3. PMID: 26633080
8. Garcia PP, da Costa RG, Calgaro M, Ritter AV, Correr GM, da Cunha LF, Gonzaga CC. Digital smile design and mock-up technique for esthetic treatment planning with porcelain laminate veneers. **J Conserv Dent.** 2018 Jul-Aug;21(4):455-458. doi: 10.4103/JCD.JCD\_172\_18. PMID: 30122831
9. Tak On T, Kois JC. Digital Smile Design Meets the Dento-Facial Analyzer: Optimizing Esthetics While Preserving Tooth Structure. **Compend Contin Educ Dent.** 2016 Jan;37(1):46-50. PMID: 26863220
10. Trushkowsky R, Arias DM, David S. Digital Smile Design concept delineates the final potential result of crown lengthening and porcelain veneers to correct a gummy smile. **Int J Esthet Dent.** 2016 Autumn;11(3):338-54. PMID: 27433549
11. Omar D, Duarte C. The application of parameters for comprehensive smile esthetics by digital smile design programs: A review of literature. **Saudi Dent J.** 2018



Jan;30(1):7-12. doi: 10.1016/j.sdentj.2017.09.001. Epub 2017 Sep 23. PMID: 30166865

12. Stanley M, Paz AG, Miguel I, Coachman C. Fully digital workflow, integrating dental scan, smile design and CAD-CAM: case report. **BMC Oral Health**. 2018 Aug 7;18(1):134. doi: 10.1186/s12903-018-0597-0. PMID: 30086753

13. Peters MD, Godfrey CM, Khalil H, McInerney P, Parker D, Soares CB. Guidance for conducting systematic scoping reviews. **Int J Evid Based Healthc**. Set 2015; 13 (3): 141-6. doi: 10.1097 / XEB.0000000000000050.

14. Piedra-Cascón W, Fountain J, Att W, Revilla-León M. 2D and 3D patient's representation of simulated restorative esthetic outcomes using different computer-aided design software programs: A systematic review. **J Esthet Restor Dent**. 2021 Jan 5. doi: 10.1111/jerd.12703. Online ahead of print. PMID: 33399263 Review.

15. Seay A. Utilizing Digital Technology to Facilitate Dentofacial Integration. **Compend Contin Educ Dent**. 2018 Nov/Dec;39(10):696-704. PMID: 30421939

16. SHI S.; LI N.; JIN X.; HUANG S.; MA J. A Digital Esthetic Rehabilitation of a Patient with Dentinogenesis Imperfecta Type II: A Clinical Report. **J Prosthodont**; 29(8): 643-650, 2020 Oct.

17. Sundar MK, Chelliah V. Ten Steps to Create Virtual Smile Design Templates With Adobe Photoshop® CS6. **Compend Contin Educ Dent**. 2018 Mar;39(3):e4-e8. PMID: 29493251

18. SANTOS, M.M.T.C. et. al. DSD and CAD/CAM integration in the planning and execution of an oral rehabilitation procedure: a case report. **Clin Lab Res Den** 2019: 1-6

19. Jafri Z, Ahmad N, Sawai M, Sultan N, Bhardwaj A. Digital Smile Design-An innovative tool in aesthetic dentistry. **J Oral Biol Craniofac Res**. 2020 Apr-

Jun;10(2):194-198. doi: 10.1016/j.jobcr.2020.04.010. Epub 2020 Apr 18. PMID: 32373450

20. Coachman C, Blatz MB, Bohner L, Sesma N. Dental software classification and dento-facial interdisciplinary planning platform. **J Esthet Restor Dent.** 2021 Jan 20. doi: 10.1111/jerd.12713. Online ahead of print. PMID: 33470496

21. Arias DM, Trushkowsky RD, Brea LM, David SB. Treatment of the Patient with Gummy Smile in Conjunction with Digital Smile Approach. **Dent Clin North Am.** 2015 Jul;59(3):703-16. doi: 10.1016/j.cden.2015.03.007. PMID: 26140976

22. Do Vale Voigt M, Espíndola-Castro LF, de Melo Monteiro GQ, Ortigoza LS, Dos Santos Torreão A, Georg R. DSDapp use for multidisciplinary esthetic planning. **J Esthet Restor Dent.** 2020 Dec;32(8):738-746. doi:10.1111/jerd.12637. Epub 2020 Aug 12. PMID: 32785983

23. Kurbad A. Planning and predictability of clinical outcomes in esthetic rehabilitation. **Int J Comput Dent.** 2015;18(1):65-84. PMID: 25911830 English, German.

24. Zimmermann M, Mehl A. Virtual smile design systems: a current review. **Int J Comput Dent.** 2015;18(4):303-17. PMID: 26734665 English, German.

25. McLaren EA, Garber DA, Figueira J. The Photoshop Smile Design technique (part 1): digital dental photography. **Compend Contin Educ Dent.** 2013 Nov-Dec;34(10):772, 774, 776 passim. PMID: 24571506

26. Lee JH, Kim SH, Han JS, Yeo IL, Yoon HI. Contemporary full-mouth rehabilitation using a digital smile design in combination with conventional and computer-aided design/manufacturing restorative materials in a patient with bruxism: A case report. **Medicine (Baltimore).** 2019 Nov;98(48):e18164. doi: 10.1097/MD.00000000000018164. PMID: 31770262

27. Veneziani M. Ceramic laminate veneers: clinical procedures with a multidisciplinary approach. **Int J Esthet Dent.** 2017;12(4):426-448.

28. Lo Giudice A, Ortensi L, Farronato M, Lucchese A, Lo Castro E, Isola G. The step further smile virtual planning: milled versus prototyped mock-ups for the evaluation of the designed smile characteristics. **BMC Oral Health**. 2020 Jun 5;20(1):165. doi: 10.1186/s12903-020-01145-z. PMID: 32503567
29. Kurbad A. The use of 'extended reality' (augmented reality) in esthetic treatment planning. **Int J Comput Dent**. 2020;23(2):149-160. PMID: 32555768
30. Fan F, Li N, Huang S, Ma J. A multidisciplinary approach to the functional and esthetic rehabilitation of dentinogenesis imperfecta type II: A clinical report. **J Prosthet Dent**. 2019 Aug;122(2):95-103. doi: 10.1016/j.prosdent.2018.10.028. Epub 2019 Apr 9. PMID: 30979433
31. Revilla-León M, Besné-Torre A, Sánchez-Rubio JL, Fábrega JJ, Özcan M. Digital tools and 3D printing technologies integrated into the workflow of restorative treatment: A clinical report. **J Prosthet Dent**. 2019 Jan;121(1):3-8. doi: 10.1016/j.prosdent.2018.02.020. Epub 2018 Aug 7. PMID: 30093121



## **5. CONCLUSÃO GERAL**

---

Com os levantamentos realizados de literatura realizados nesse estudo, é possível observar que a impressão 3D pode viabilizar diferentes técnicas de manufatura aditiva no campo da Odontologia, possibilitando melhores fluxos de trabalhos e obtenções de resultados clínicos funcionais e estéticos mais significativos.

No que tange os softwares, vários programas computacionais de simulação do sorriso foram identificados, sendo fundamental que o Cirurgião-Dentista, especialista em estética, adote o protocolo *Digital Smile Design*, sobretudo nos casos de múltiplas restaurações dentárias a fim de melhorar a previsibilidade da reabilitação oral.

Embora tenha limitações relacionadas ao número de bases consultadas, esse estudo pode ser fonte de pesquisa a pesquisadores e também a especialistas que desejam utilizar e dimensionar os aspectos positivos e a serem melhorados em tais tecnologias no contexto da Odontologia Restauradora.



# REFERÊNCIAS

---



## REFERÊNCIAS

BLATZ, M.B. *et al.* Evolution of Aesthetic Dentistry. **J Dent Res.** v.98, n.12, p. 1294-1304. Nov. 2019

CERVINO, G. *et al.* Dental Restorative DigitalWorkflow: Digital Smile Design from Aesthetic to Function. **Dentistry Journal**, v.7, n.1, p.1-12, Mar. 2019

CHARAVET, C. *et al.* Benefits of Digital Smile Design (DSD) in the conception of a complex orthodontic treatment plan: A case report-proof of concept. **International Orthodontics.** v.17, n.3, p.573-579, Sep. 2019

CHEN, S. *et al.* Comparison of Three-Dimensional Printing and Computer-aided Engineering in Presurgical Volumetric Assessment of Bilateral Alveolar Clefts. **J Craniofac Surg** [Internet], Nov. 2019

COACHMAN, C.; CALAMITA, M.A.; SESMA, N. Dynamic Documentation of the Smile and the 2D/3D Digital Smile Design Process. **Int J Periodontics Restorative Dent.** v.37, n.2, 2017

DAHER, R. *et al.* 3D Digital Smile Design With a Mobile Phone and Intraoral Optical Scanner. **Compend Contin Educ Dent.** v.39, n.6, p.5-8, Jun. 2018.

DAWOOD, A. *et al.* 3D Printing in Dentistry. **Br Dent J.** v.219, n.11, p.521-9, Dec. 2015

FAN, F. *et al.* A multidisciplinary approach to the functional and esthetic rehabilitation of dentinogenesis imperfecta type II: A clinical report. **J. Prosthet. Dent.** v.122, n.2, p.95-103, Aug. 2019.

FERARU, M.; MUSELLA, V.; BICHACHO, N. Individualizing a Smile Makeover - Current Strategies for Predictable Results. **JCD.** v.32, n.1, Spring 2016

JODA, T. et. al. Digital Technology in Fixed Implant Prosthodontics. **Periodontol.** **2000.** v.73, n.1, p.178-192, Feb. 2017

MIZUMOTO, R.M.; YILMAZ, B.J. Intraoral Scan Bodies in Implant Dentistry: A Systematic Review. **J Prosthet Dent.** v.120, n.3, p.343-352, Sep 2018 12

OGLIARI, F. Impressão 3D na odontologia: tudo o que você precisa saber. **Yller Biomateriais**, Pelotas/RS, 6 de dezembro de 2018. Disponível em: < <https://www.yller.com.br/impressao-3d-na-odontologia-tudo-o-que-voce-precisa-saber/> > Acesso em: 2 ago. 2021.

PIZAN-VERCELINO, CRM *et. al.* Two-Year Follow-up of Multidisciplinary Treatment Using Digital Smile Design as a Planning Tool for Esthetic Restorations on Maxillary Midline Diastema. **Int J Orthod Milwaukee.** v. 28, n.1, p. 67-70, 2017

REVILLA-LEON, M. *et. al.* Digital tools and 3D printing technologies integrated into the workflow of restorative treatment: A clinical report. **J Prosthet Dent.** 2019

SEAY, A. Utilizing Digital Technology to Facilitate Dentofacial Integration. **Compend Contin Educ Dent.** v.39, n.10, p.696-704. Nov/Dec. 2018

STANLEY, M. *et. al.* Fully digital workflow, integrating dental scan, smile design and CAD-CAM: case report. **BMC Oral Health.** v.18. n.1:134. Aug. 2018

TAKEUCHI, Y. *et. al.* Use of digital impression systems with intraoral scanners for fabricating restorations and fixed dental prostheses. **J Oral Sci**, Vol. 60, No. 1, 1-7, 2018

VANDENBERGHE, B. The Digital Patient - Imaging Science in Dentistry. **Journal of Dentistry.** v.74 n.1, S21-S26, Jul. 2018

XEPAPADEAS, A.B. *et. al.* Technical Note on Introducing a Digital Workflow for Newborns With Craniofacial Anomalies Based on Intraoral Scans - Part I: 3D Printed

and Milled Palatal Stimulation Plate for Trisomy 21. **BMC Oral Health**. 20:20, Jan. 2020

ZAVANELLI, A.C. *et. al.* Reconstrução estética anterior baseada no planejamento digital do sorriso. **Rev Odontol Arac**, v.40, n.2, p. 09-14, mai/ago. 2019

# ANEXOS

---

## Anexo A

The image shows a screenshot of an email client interface. At the top, there is a search bar with the text "Pesquisar e-mail" and a magnifying glass icon. To the right of the search bar are icons for help, settings, and a grid of folders. The USP logo is visible in the top right corner. Below the search bar is a navigation bar with various icons for email actions (back, forward, delete, etc.) and a notification "25 de 3.895". The main content area displays an email with the subject "[CLRD] Decisão editorial" and a yellow "Externa" label. The sender is "André Luis Yovanos via Portal de Revistas da USP" with the email address "<portalderevistas@usp.br>". The email is dated "seg., 19 de jul. 13:24 (há 9 dias)". The body of the email contains the following text:

Leonardo Portilha Gomes da Costa, Zamalloa, Fernando Amorim Mendonça Alves, Renan Spigolon, Leandro Yukio Mano, Claudio Costa, Alessandra Mazzo:

Nós chegamos a uma decisão referente a sua submissão para o periódico Clinical and Laboratorial Research in Dentistry, "3D printers in Dentistry: Review of additive manufacturing techniques and materials".

Nossa decisão é de: Aceitar a Submissão

Anexo B

**DECLARAÇÃO DE USO EXCLUSIVO DE ARTIGO  
EM DISSERTAÇÃO/TESE**

Declaramos estarmos cientes de que o trabalho “Impressoras 3D em Odontologia: uma revisão de técnicas e materiais de manufatura aditiva” será apresentado na Dissertação do aluno Leonardo Portilha Gomes da Costa e que não foi e nem será utilizado em outra dissertação/tese dos Programas de Pós-Graduação da Universidade de São Paulo.

Bauru, 03 de agosto 2021

 _____	Leonardo Portilha Gomes da <b>COSTA</b>
 _____	Stephanie Isabel Díaz <b>ZAMALLOA</b>
 _____	Fernando Amorim Mendonça <b>ALVES</b>
 _____	Renan <b>SPIGOLON</b>
 _____	Leandro <b>MANO</b>
 _____	Claudio <b>COSTA</b>
 _____	Alessandra <b>MAZZO</b>