



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CAMPUS I – CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE  
DEPARTAMENTO DE ODONTOLOGIA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA**

**ARTHUR ANTONIO SANTANA**

**MANUFATURA ADITIVA APLICADA À ODONTOLOGIA - REVISÃO  
INTEGRATIVA**

**CAMPINA GRANDE - PB**

**2020**

ARTHUR ANTONIO SANTANA

**MANUFATURA ADITIVA APLICADA À ODONTOLOGIA - REVISÃO  
INTEGRATIVA**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Departamento de  
Odontologia da Universidade Estadual  
da Paraíba (UEPB) como requisito  
obrigatório para obtenção do Título de  
Bacharel em Odontologia.

**Orientadora:** Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup>. Ana Isabella Arruda Meira Ribeiro

CAMPINA GRANDE - PB

2020

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

S232m Santana, Arthur Antonio.  
Manufatura Aditiva Aplicada à Odontologia [manuscrito] :  
Revisão integrativa / Arthur Antonio Santana. - 2020.  
39 p. : il. colorido.  
Digitado.  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em  
Odontologia) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de  
Ciências Biológicas e da Saúde, 2020.  
"Orientação : Profa. Dra. Ana Isabella Arruda Meira Ribeiro  
, Departamento de Odontologia - CCBS."  
1. Impressão tridimensional . 2. Informática odontológica.  
3. Odontologia. I. Título

21. ed. CDD 617.6

ARTHUR ANTONIO SANTANA

**MANUFATURA ADITIVA APLICADA À ODONTOLOGIA - REVISÃO  
INTEGRATIVA**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Departamento de  
Odontologia da Universidade Estadual  
da Paraíba (UEPB), como requisito  
obrigatório para obtenção do Título de  
Bacharel em Odontologia.

Aprovado em: 10/09/2020.

**BANCA EXAMINADORA**

*Ana Isabella Arruda Meira Ribeiro*

---

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>. Ana Isabella Arruda Meira Ribeiro

Universidade Estadual da Paraíba

(Orientadora)



---

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Nadja Maria da Silva Oliveira Brito

Universidade Estadual da Paraíba

(Examinadora)

*Renata de Souza Coelho Soares*

---

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Renata de Souza Coelho Soares

Universidade Estadual da Paraíba

(Examinadora)

## **DEDICATÓRIA**

*Dedico este trabalho a Nivaldo Santana (in memoriam), que sempre me motivou e acreditou nos meus sonhos. Porém, ele nos deixou quando este sonho ainda estava no início. Agora que estou perto da realização, lembro-me dos planos que ele fazia para minha futura vida profissional.*

*Meu querido pai, infelizmente o senhor não poderá se fazer presente nesta realização, entretanto, acredito que o senhor está muito orgulhoso de mim.*

*Obrigado por tudo! Te amo!*

## AGRADECIMENTOS

À **Deus** dirijo meu maior agradecimento. Por me amar, conceder saúde e me sustentar durante toda minha vida, me dando força e discernimento para enfrentar com coragem todas as dificuldades até aqui, ajudando-me alcançar mais essa grande vitória.

Aos meus amados pais **Nivaldo Santana (in memoriam)** e **Maria do Socorro Silva Santana** por todo zelo e cuidado, por terem acreditado em mim e em meus sonhos, por me apoiarem em todos os momentos! Sem vocês, certamente o caminho até aqui teria sido muito mais difícil ou até impossível.

À minha tia **Noelma Marinho** e a todos os meus familiares, o meu muito obrigado por todas as palavras de incentivo, ajudas e orações.

À minha namorada **Hémilly Saraiva** por todo amor, por toda ajuda e companheirismo, por todas as lições de vida que aprendo diariamente, por ter feito parte desse trabalho, não só como colaboradora, mas àquela que me serviu de ouvinte e refúgio nos momentos mais angustiantes. Obrigado pelas palavras de ânimo e incentivo, obrigado por acreditar em mim! À você, meu amor, meu muito obrigado! Te amo!

À minha orientadora, **Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ana Isabella**, por toda confiança depositada em minha pessoa e todas as orientações nos diversos trabalhos ao longo da graduação, até este. Obrigado por toda atenção e paciência!

À banca examinadora composta pelas professoras **Dr<sup>a</sup> Nadja Oliveira** e **Dr<sup>a</sup> Renata Coelho** por todas as contribuições feitas para melhoria deste trabalho, assim como durante toda a trajetória acadêmica.

Ao grupo de pesquisa de **Tecnologias em Saúde** pela oportunidade de participar desta equipe desde os princípios da graduação, o que foi de grande valia para minha formação pessoal e acadêmica.

Aos professores de **Odontologia do Campus I e Campus VIII**, que compartilharam com excelência os seus conhecimentos e experiências contribuindo para minha formação. Agradeço em especial aos professores: **Francineide Guimarães** por tantos conhecimentos passados, por toda inspiração, por todas as dicas fundamentais, por ser uma professora incrível que tive oportunidade de ser aluno, que entusiasmo seus alunos e transmite, com toda paciência, todos seus ensinamentos! Muito obrigado! **Alcione Barbosa** por ser uma inspiração na arte da Prótese Dentária,

por tantos ensinamentos enriquecedores e por toda paciência! **Alexandre Durval** pelo exemplo de profissionalismo e competência! **Raquel Christina** por todos os conhecimentos transmitidos e correções que me fizeram refletir e abrir os olhos para novas perspectivas! **Daliana Queiroga** pelo exemplo de comprometimento e competência! **Alessandro Cavalcanti** por toda eficiência ao transmitir seus ensinamentos que foram de grande valia para minha formação!

A todos técnicos administrativos pela cooperação para execução das atividades do Departamento. A **Alexandre Cordeiro** pela solicitude, respeito e empatia frente à todas circunstâncias que aparecem ao longo desses 05 anos. A **Christopher França** por toda ajuda e solicitude quando precisei, sempre com sorriso no rosto e uma alegria que contagia à todos! À **Clécia, Rejane, Jocelma e Júnia** por toda ajuda na secretaria das clínicas e chefia de departamento. Obrigado pela convivência agradável!

À minha dupla, **Camila Lincoln**, minha amiga, por tornar essa caminhada possível e mais leve, por estar comigo desde o primeiro período, nos momentos de alegria, tensão, tristeza e mudanças que passamos ao longo dessa jornada. Por estar sempre me ajudando, pelo respeito e pela parceria. Sou muito grato por seguirmos toda essa jornada com tanta afinidade! E tenho certeza que levarei sua amizade para o resto da vida. Muito obrigado por tudo!

A todos os pacientes que tive a oportunidade de atender, compartilhar vivências e aprender a ser um profissional humanizado. Em especial à Dona Maria José Dutra, por toda consideração, respeito, compromisso e por ter feito os meus dias de atendimento mais felizes e me trazer ainda mais a certeza de que estou fazendo aquilo que amo. Eterna Gratidão!

Aos amigos que a Odontologia do Campus VIII me trouxe: **Allyson Diniz, Paulo Reis, Bruno Laureano, Manoel Lima, Daniel Guimarães, Ari Dantas e Fernanda Araújo**.

Aos amigos que a Odontologia de Campus I me trouxe direta e indiretamente: **Pedro Flávio, Wallas, Alberto, Erus, Andressa, Joyce, Gustavo, Anny, Letícia, Pedro Marreiro e Igor**.

Aos meus amigos, por toda forma de ajuda durante esses 05 anos: **Silvio Nunes, Moisés, Carlos Arthur, Lucas Suelânio, Lucas Armstrong, Carlos Júnior, Júnior Araújo, Jônatas, Adjerson, Moisés Taveira, Higor Riddan**.

A todos que direta ou indiretamente foram responsáveis pela realização deste sonho. MINHA GRATIDÃO!

*“Eu digo que é para você essa história de  
vencer, de sonhar e conquistar!”*

*Vai ser assim - Criolo*

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Fluxograma 1:</b> Universo e Amostra Inicial.....	23
<b>Gráfico 1:</b> Técnicas de MA utilizadas nos artigos selecionados .....	28
<b>Gráfico 2:</b> Aplicações da MA.....	29

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1.</b> Dados de identificação e objetivo dos artigos selecionados. ....	26
---	----

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

3D – Tridimensional

3DP – Tecnologia de Impressão 3D

ATS - Avaliação de Tecnologias em Saúde

CAD- *Computer-aided design*

CAM - *Computer-aided manufacturing*

CHF – Franco Suíço

CTBMF - Cirurgia e Traumatologia Buco-Maxilo-Facial

DeCS - Descritores em Ciências da Saúde

*EBM - Electron Beam Melting* - Fusão por Feixe

*IBM – International Business Machines*

*IJP - Ink Jet Printing* - Impressão a Jato de Tinta

LILACS - Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde

MA – Manufatura Aditiva

PBE - Prática Baseada em Evidências

*PolyJet – Photopolymer jetting*

*PRISMA - Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*

PubMed - *Medical Publications Scientific*

SciELO - *Eletronic Library Online*

*SLA – Stereolithography Apparatus* - Estereolitografia

*SLS - Selective Laser Selective* - Sinterização Seletiva a Laser

*SPSS - Statistical Package for Social*

*SLM - Selective Laser Melting* - Fusão Seletiva a Laser

*STL – StereoLithography ou Standard Triangulation Language*

RM - Ressonância Magnética

UV – Ultravioleta

# MANUFATURA ADITIVA APLICADA À ODONTOLOGIA - REVISÃO INTEGRATIVA

ARTHUR ANTONIO SANTANA<sup>1</sup>

## RESUMO

O processo de Manufatura Aditiva (MA) ou Impressão 3D define um conjunto de tecnologias de construção automatizada de produtos para diversos fins. O uso destas tecnologias permite compreensão dos detalhes anatômicos com alta qualidade, sendo utilizada em diversas especialidades odontológicas. O objetivo do estudo foi realizar uma revisão integrativa da literatura a fim de identificar as principais aplicações da MA na Odontologia, seus benefícios e limitações nos últimos 05 anos. Tratou-se de uma pesquisa em base documental, de natureza quantitativa, exploratório-descritiva. Os estudos elegíveis foram ensaios clínicos randomizados e não randomizados disponíveis na íntegra que tratassem do uso da MA comparado com procedimentos padrões em especialidades odontológicas, publicados nos últimos 05 anos, nos idiomas inglês e português. Foram excluídos artigos em duplicata, estudos que não tratassem a aplicação da MA na Odontologia como objetivo principal da pesquisa e estudos observacionais. Realizou-se uma busca de artigos científicos no período de Maio à Junho de 2020 nas bases de dados *Medical Publications (PubMed)*, *Scientific Electronic Library Online (SciELO)*, Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS), utilizando os descritores: Impressão Tridimensional, Informática Odontológica e Odontologia (*Printing Three-Dimensional, Dental Informatic e Dentistry*), presentes nos Descritores em Ciências da Saúde (DeCS/Mesh Terms). Inicialmente foram localizados 860 artigos (Universo) nas bases de dados, após a aplicação dos critérios de elegibilidade, leitura de título, resumos e leitura na íntegra, 04 artigos permaneceram como amostra final para extração de dados e posterior análise. Foram utilizados instrumentos de análises para a verificação de similaridades ou conflitos entre os resultados encontrados nos estudos elegíveis. A análise dos artigos selecionados demonstrou que a aplicação da MA na Odontologia resultou em benefícios relacionados à redução do tempo de intervenção dos procedimentos, melhor precisão nos resultados pós-operatórios, assim como na anatomia de artefatos destas técnicas, importante nas fases diagnóstica e de tratamento, viabilizando melhor compreensão do caso e tomada de decisão, entretanto, custos significativamente maiores que os protocolos convencionais.

**Palavras-chave:** Impressão Tridimensional, Informática Odontológica, Odontologia.

---

<sup>1</sup>Acadêmico do curso de Odontologia da Universidade Estadual da Paraíba – Campus I. E-mail: arthur.thr@gmail.com

# ADDITIVE MANUFACTURING APPLIED TO DENTISTRY - AN INTEGRATIVE REVIEW

ARTHUR ANTONIO SANTANA<sup>1</sup>

## ABSTRACT

Additive Manufacturing (AM) or 3D printing is a set of technologies for the automated construction of stuff for many purposes. The use of these technologies allows the understanding of anatomical details with high quality and precision, which are used in several dental specialties. The objective of the study was to carry out an integrative literature review in order to identify the main applications of AM in Dentistry, including its benefits and limitations in the last five years. A quantitative and exploratory-descriptive research was performed in documentary base. The eligible studies were randomized and non-randomized clinical trials full available that deal with the use of AM compared to standard procedures in dental specialties, published in the last five years, in English and Portuguese. Duplicate papers and studies that did not address the application of AM as the main research objective, as well as observational studies were excluded. The research took place between May and June 2020 on the Medical Publications (PubMed), Scientific Electronic Library Online (SciELO), Latin American and Caribbean Literature in Health Sciences (LILACS) databases, using the descriptors: Three-dimensional Printing, Dental Informatics and Dentistry (Impressão Tridimensional, Informática Odontológica e Odontologia), presented in the Health Sciences Descriptors (DeCS). In the first moment, a total of 860 articles (Universe) were found. After applying the eligibility standard, reading the title and abstracts and full reading, four articles remained as the final sample for data extraction and subsequent analysis. Assessment tools were used as an aid to verify similarities or conflicts between the results found in the eligible studies. The review of the chosen papers showed that the use of AM in Dentistry resulted in benefits on reducing the intervention time of the procedures, in addition to greater precision in the postoperative results and the anatomy of artifacts of these techniques, which is important in the diagnostic and treatment phases, enabling a better understanding of the case and decision-making, however, cause higher costs than the conventional protocols.

**Key words:** Printing Thre-Dimensional, Dental Informatics, Dentistry.

---

<sup>1</sup>Acadêmico do curso de Odontologia da Universidade Estadual da Paraíba – Campus I. E-mail: arthur.thr@gmail.com

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>15</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>17</b>
2.1 OBJETIVO GERAL .....	17
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	17
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>18</b>
3.1 MANUFATURA ADITIVA .....	18
3.2 TÉCNICAS DE MANUFATURA ADITIVA .....	19
<b>3.2.1. Stereolithography Apparatus (SLA) - Estereolitografia</b> .....	<b>19</b>
<b>3.2.2 Tecnologia PolyJet</b> .....	<b>19</b>
<b>3.2.3 Selective Laser Selective (SLS)-Sinterização Seletiva Laser e Tecnologia 3DP</b>	<b>19</b>
3.3 MANUFATURA ADITIVA APLICADA À ODONTOLOGIA .....	20
<b>4 METODOLOGIA</b> .....	<b>21</b>
4.1 DELINEAMENTO DO ESTUDO E ETAPAS DA PESQUISA .....	21
4.2 QUESTÕES NORTEADORAS .....	21
4.3 CRITÉRIOS DE ELEGIBILIDADE, BUSCA NA LITERATURA E AMOSTRA .....	21
<b>4.3.1 Critérios de elegibilidade</b> .....	<b>21</b>
<b>4.3.2 Estratégia de Busca</b> .....	<b>22</b>
<b>4.3.3 Universo e amostra</b> .....	<b>23</b>
4.4 DEFINIÇÃO DAS INFORMAÇÕES A SEREM EXTRAÍDAS DOS ESTUDOS .....	24
4.5 AVALIAÇÃO DOS ESTUDOS INCLUÍDOS NA REVISÃO .....	24
4.6 INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS .....	24
4.7 SÍNTESE DO CONHECIMENTO E APRESENTAÇÃO DA REVISÃO .....	25
4.8 CONSIDERAÇÕES ÉTICAS .....	25
<b>5 RESULTADOS</b> .....	<b>26</b>
<b>6 DISCUSSÃO</b> .....	<b>32</b>
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>36</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>37</b>
<b>APÊNDICES</b> .....	<b>40</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O processo de Manufatura Aditiva (MA) ou Impressão 3D define um conjunto de tecnologias de construção automatizada de produtos para diversos fins que envolvem a criação de objetos sólidos tridimensionais a partir de modelos digitais através de sucessivas deposições de camadas da matéria-prima (VOLPATO *et al.*, 2007). Tem sido considerada uma das técnicas fundamentais da quarta revolução industrial, também denominada de Indústria 4.0, que diz respeito à informatização da fabricação e manufatura de produtos (VAIDYA, AMBAD, BHOSLE, 2018).

As estruturas impressas são projetadas usando o *software* de desenho *Computer-Aided Design (CAD)* ou a partir de imagens obtidas de exames de imagem como a Tomografia Computadorizada (TC) ou Ressonância Magnética (RM) para a posterior construção automatizada em camadas, a qual possui características peculiares e oferece vantagens como a produção de protótipos com forma complexa, capacidade de armazenar os arquivos dos moldes de forma digital (BARNATT, 2013; GRANT, 2015), além de auxiliar o desenvolvimento destes produtos em curto prazo de tempo utilizando variadas matérias-primas que permitem a criação de objetos na faixa de centenas até décimos de milímetros com exatidão na ordem de micrômetros (FREITAS, COSTA, RIBEIRO, 2010).

Por esta razão, o uso de tal tecnologia tem sido indicado na área da saúde, auxiliando os profissionais das áreas médica e odontológica na visualização de detalhes anatômicos, em diagnósticos precoces e terapêuticas nas especialidades de Cirurgia e Traumatologia Buco-Maxilo-Facial e Implantodontia, Estomatologia, Reabilitação Oral e Ortodontia, além de facilitar a comunicação entre a equipe profissional e o paciente (ROSA, OLESKOVICZ, ARAGÃO, 2004; LANTADA, MORGADO, 2012; DE CONTO *et al.*, 2014; OBREGON *et al.*, 2015).

Diante do contexto apresentado foram desenvolvidas razões que sustentaram a relevância do tema desta pesquisa: i) escassez de publicações advindas de revisões integrativas ou sistemáticas que apresentem as atuais aplicações da MA na prática odontológica, suas limitações e benefícios; ii) impacto da utilização de revisões integrativas e sistemáticas no desenvolvimento de políticas, protocolos e procedimentos, assim como no pensamento crítico que a prática clínica diária necessita no tocante à aplicação da tecnologia 3D na Odontologia; iii) propósito da Prática Baseada em

Evidências (PBE) no que se refere ao encorajamento da utilização de resultados de pesquisas aliada à assistência em saúde prestada nos diversos níveis de atenção, reforçando a importância da pesquisa para a prática clínica; iv) contribuição para a área de Avaliação de Tecnologias em Saúde (ATS) no fornecimento de informações aos tomadores de decisões sobre os prós e contras de uma nova tecnologia em relação a alternativas de diagnóstico e terapêuticas disponíveis.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Realizar uma revisão integrativa da literatura a fim de identificar as principais aplicações da MA na Odontologia, seus benefícios e limitações nos últimos 05 anos.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analisar na literatura, de maneira comparativa, procedimentos auxiliados por MA e procedimentos convencionais em especialidades odontológicas;
- Observar os benefícios da aplicação da MA na prática odontológica;
- Verificar a existência de limitações para a aplicação das técnicas de MA em especialidades odontológicas.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 MANUFATURA ADITIVA

A MA pode ser definida como um processo de fabricação por meio da adição sucessiva de material na forma de camadas, com informações obtidas diretamente de uma representação geométrica computacional 3D do componente. Esse processo aditivo permite fabricar componentes físicos a partir de vários tipos de materiais em diferentes formas. O processo de construção é totalmente automatizado e ocorre de maneira relativamente rápida, se comparado aos meios tradicionais de fabricação (VOLPATO *et al.*, 2017).

A origem da MA baseia-se em duas técnicas: a topografia e a fotoescultura. A fotoescultura foi elaborada por François Willème e a sua técnica consistiu em colocar no centro de uma sala circular um objeto, posicionando em torno deste, 24 câmeras fotográficas distribuídas uniformemente e acionando-as simultaneamente. A silhueta de cada uma das fotos foi posteriormente utilizada por um artista para esculpir cada um dos 1/24 da porção cilíndrica da figura (WILLEME, 1864). Em meados do século XIX, Blather (1892) desenvolveu um método para a confecção de mapas de relevo, baseando-se na impressão de uma série de discos, obtendo-se desta forma a reprodução de superfícies tridimensionais.

Em 1984, Chuck Hull foi pioneiro em produzir um protótipo a partir de um arquivo virtual cuja invenção foi denominada de Estereolitografia. Esta técnica foi definida por Hull como “método e máquina para fazer objetos sólidos através da impressão sucessiva de finas camadas do material curável através da Radiação Ultravioleta, uma em cima da outra” (HULL, 1984; WANG *et al.*, 2017).

A tecnologia desenvolvida por Hull tem servido como base, nas últimas três décadas, para a criação de novos processos de impressão 3D. Apesar de cada método de fabricação estar associado a formas de impressão, materiais específicos, precisão, velocidade de impressão e custos diferenciados, todas as técnicas compartilham do mesmo conceito, a confecção camada a camada de um objeto tridimensional (LUNSFORD *et al.*, 2016).

Gibson, Rosen, Stucker (2009) definiram oito etapas fundamentais para a produção utilizando a MA: (1) Criação de um modelo digital utilizando exames de

imagem ou o sistema *CAD*; (2) Conversão do arquivo *CAD* em formato *Standard Triangulation Language (STL)*; (3) Fatiamento do arquivo *STL* em finas camadas transversais (4) Programação da máquina; (5) Construção física do modelo; (6) Remoção e Limpeza; (7) Pós Processamento; (8) Aplicação.

## 3.2 TÉCNICAS DE MANUFATURA ADITIVA

### 3.2.1. *Stereolithography Apparatus (SLA)* - Estereolitografia

A *SLA* é usada para criar objetos sólidos por meio de impressões de sucessivas camadas de um determinado material. Este sistema conta com um feixe de luz UV que fotopolimeriza camada a camada de uma resina líquida criando o objeto sólido final. O processo de fabricação inicia-se por um programa *CAD*, que permite a criação de um modelo tridimensional do objeto desejado. Após isso, o *software* faz secções finas deste modelo para, em seguida, a luz ultravioleta percorrer a resina líquida fotopolimerizando-a e imprimindo as camadas do objeto até que o produto final seja obtido (MELONI *et al.*, 2014).

### 3.2.2 Tecnologia *PolyJet*

A impressão *PolyJet* é semelhante à *Ink Jet Printing (IJP)*, mas, em vez de jatear gotas de tinta sobre o papel as impressoras jateiam camadas de um fotopolímero líquido curável sobre uma bandeja de montagem. Suas principais vantagens são a de permitir imprimir uma mesma peça com cores e texturas diferentes e o excelente acabamento final das peças (BARCLIFT, WILLIAMS, 2012).

### 3.2.3 *Selective Laser Selective (SLS)* - Sinterização Seletiva e Laser e Tecnologia *3DP*

Nesta técnica, os objetos tridimensionais são construídos pela superposição de camadas homogêneas de polímeros em pó. O processo é iniciado com o material sendo disperso e nivelado por um rolo sobre a plataforma dentro de uma câmara, sendo esta aquecida na proximidade do ponto de fusão do pó, evitando oxidação. Camadas adicionais são colocadas através de roletes sobre a camada já sinterizada e ligadas

quimicamente entre si por ação do calor. Nesse sentido, a potência do *laser* e a velocidade de deslocamento do feixe são parâmetros para fabricação de objetos através dessa técnica aditiva (OZAN *et al.*, 2012). O processo de impressão 3D (*3DP*) é semelhante à *SLS*, porém, ao invés de um *laser* de CO<sub>2</sub> para sinterizar o material em pó, uma cabeça de impressão a jato de tinta deposita um adesivo líquido que se une ao material. As vantagens de usar a tecnologia de impressão 3D são a capacidade de cor, tempos de construção mais curtos e matérias-primas baratas quando comparadas a outros sistemas de MA, entretanto o acabamento da superfície é inferior comparada à outros sistemas (CHUA, LEONG, LIM, 2010).

Além destas técnicas descritas, destacam-se a *Selective Laser Melting (SLM)* ou Fusão Seletiva a Laser, que surgiu da evolução da *SLS* e foi desenvolvida através da necessidade em fabricar peças com alta densidade, propriedades mecânicas comparáveis às de materiais forjados ou fundidos e evitar longos ciclos de pós-processamento (MARQUES, 2014). Assim como a *Electron Beam Melting (EBM)* ou Fusão por Feixe de Elétrons, através da qual são fabricadas peças sólidas totalmente densas pela fusão da camada de pó por camada com um feixe de elétrons (PARTHASARATHY *et al.*, 2010).

### 3.3 MANUFATURA ADITIVA APLICADA À ODONTOLOGIA

A crescente busca pela excelência no diagnóstico e tratamento dos distúrbios do corpo humano tem sido um desafio para os profissionais das áreas médica e odontológica, para isso, um método facilitador e especialmente indicado na literatura tratou-se do uso de biomodelos 3D (FREITAS, COSTA, RIBEIRO, 2010).

A MA pode ser utilizada para a fabricação de biomodelos, guias cirúrgicos, próteses e órteses. Protótipos tridimensionais são aplicados em diversas áreas da Odontologia, na medida em que permite aos cirurgiões-dentistas realizarem diagnósticos mais precisos e visualização de estruturas anatômicas previamente aos procedimentos cirúrgicos. Já para os pacientes, as vantagens consistem em redução do tempo transoperatório e de doses anestésicas, e consequentemente, atenuação de possíveis infecções durante o ato operatório (PARTHASARATHY, 2014).

## **4 METODOLOGIA**

### **4.1 DELINEAMENTO DO ESTUDO E ETAPAS DA PESQUISA**

Tratou-se de uma pesquisa em base documental, de natureza quantitativa, exploratório-descritiva baseada nos pressupostos da construção de uma revisão integrativa (GANONG, 1987).

Teve como finalidade reunir e resumir o conhecimento científico, antes produzido sobre o tema investigado. Avaliou, sintetizou e buscou nas evidências disponíveis a contribuição para o desenvolvimento da temática (MENDES, SILVEIRA, GALVÃO, 2008). Os referidos autores estruturaram a revisão integrativa de literatura dividida em seis partes importantes: (1) Identificação do tema e seleção da hipótese ou questão de pesquisa para elaboração da revisão integrativa; (2) Estabelecimento de critérios para inclusão e exclusão de estudos/ amostragem ou busca na literatura; (3) Definição das informações a serem extraídas dos estudos selecionados/ categorização dos estudos; (4) Avaliação dos estudos incluídos na revisão integrativa; (5) Interpretação dos resultados; (6) Apresentação da revisão/síntese do conhecimento.

### **4.2 QUESTÕES NORTEADORAS**

O presente estudo pretendeu responder aos seguintes questionamentos: De que forma se dá a aplicação clínica da MA na Odontologia nos últimos 05 anos? Quais os benefícios e vantagens do uso desse conjunto de técnicas? Quais as limitações para o emprego destas técnicas?

### **4.3 CRITÉRIOS DE ELEGIBILIDADE, BUSCA NA LITERATURA E AMOSTRA**

#### **4.3.1 Critérios de elegibilidade**

Os estudos elegíveis foram ensaios clínicos randomizados e não randomizados disponíveis na íntegra que tratassem do uso da MA comparado com procedimentos padrões em especialidades odontológicas, publicados nos últimos 05 anos, nos idiomas inglês e português, com o intuito de identificar as aplicações atuais da tecnologia 3D em

especialidades odontológicas, pois as inovações tecnológicas como a MA e sua aplicação na área da saúde apresentam rápida evolução em curtos períodos de tempo.

Foram excluídos artigos em duplicata, estudos que não tratassem a aplicação da MA como objetivo principal da pesquisa, estudos observacionais, revisões de literatura, testes laboratoriais, dissertações e teses.

#### 4.3.2 Estratégia de Busca

Realizou-se uma busca de artigos científicos por dois examinadores independentes no período de Maio à Junho de 2020 nas bases de dados *Medical Publications (PubMed)*, *Scientific Eletronic Library Online (SciELO)*, Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS), utilizando os descritores: Impressão Tridimensional, Informática Odontológica e Odontologia (*Printing Three-Dimensional, Dental Informatic e Dentistry*), presentes nos Descritores em Ciências da Saúde (DeCS/Mesh Terms), utilizando o operador booleano “E-AND”, de acordo com o idioma. Para a pesquisa, foram adotadas as combinações de dois descritores por busca, fixando o descritor “Impressão Tridimensional” em todas elas. Na base de dados *PubMed*, utilizaram-se para a busca a combinação dos descritores na língua inglesa. Já nas bases de dados latino-americanas (LILACS e *SciELO*), realizaram-se buscas com as combinações dos descritores na língua inglesa e portuguesa.

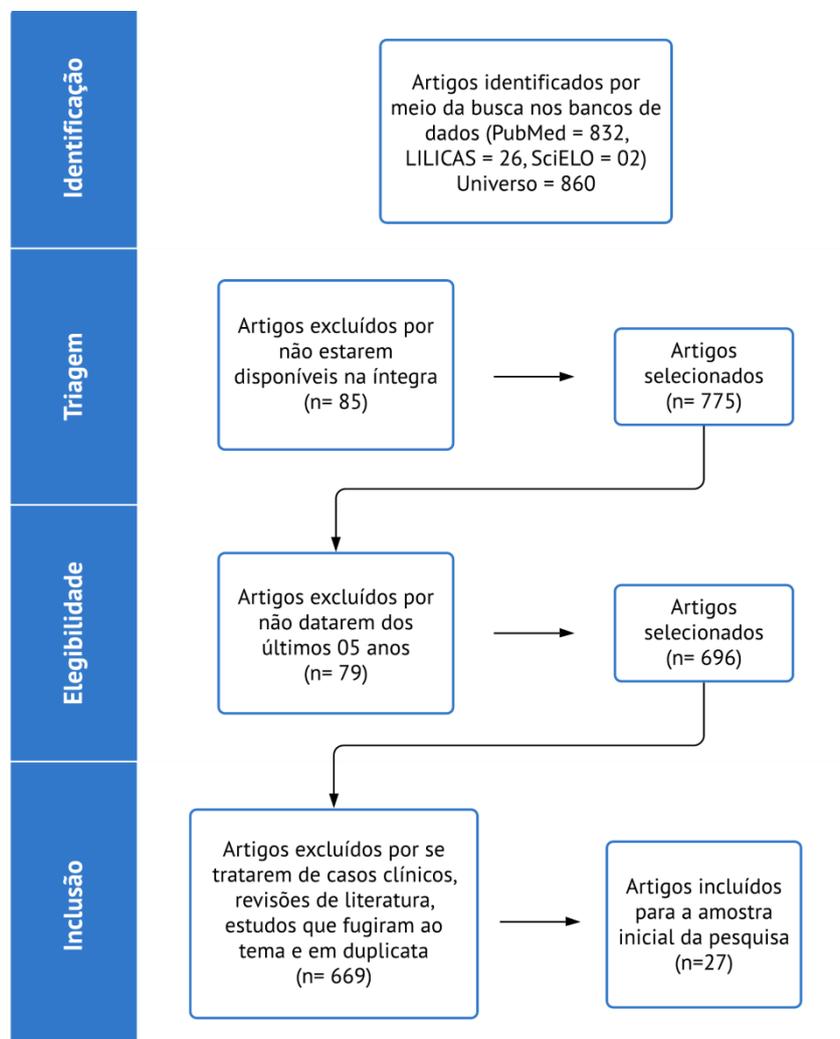
Inicialmente, foram localizados 832 artigos na base de dados PubMed, 26 artigos na base de dados LILACS e 2 artigos na base de dados SciELO, os quais compuseram o universo do estudo, totalizando 860 artigos.

Após a pesquisa os artigos foram contabilizados e a concordância interexaminador foi avaliada por meio do teste Kappa, sendo estimado através do software IBM SPSS Statistics versão 20.0. O índice Kappa foi 0,667, sinalizando uma concordância substancial ( $K = 0,61-0,80$ ) (LANDIS; KOCH, 1977). As divergências, quando houveram, foram resolvidas por meio de consulta a um terceiro examinador independente e estabelecendo-se o consenso das decisões entre os envolvidos na pesquisa.

### 4.3.3 Universo e amostra

Após a aplicação dos descritores foram localizados 860 artigos (Universo). Desse total foram excluídos 85 artigos que não estavam disponíveis na íntegra, 79 artigos que datavam como anteriores à Janeiro de 2015, além de outros 669 artigos os quais se tratavam de casos clínicos, revisões de literatura, testes laboratoriais, dissertações, teses e estudos repetidos, resultando em 27 artigos (Amostra Inicial), os quais serviram, a princípio, como objeto de análise para a leitura crítica de seus títulos e resumos (Fluxograma 1).

**Fluxograma 1:** Universo e Amostra Inicial.



Fonte: Modelo de fluxograma adaptado de *PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses)*.

Realizada a leitura crítica dos títulos e resumos dos 27 artigos da amostra inicial, 16 artigos foram excluídos pois fugiram ao tema da pesquisa, restando 11 para serem lidos na íntegra. Após esta leitura, 07 artigos foram excluídos por se tratarem de estudos observacionais. Desta forma, 04 estudos permaneceram como fonte de dados para a posterior análise (Amostra Final).

#### 4.4 DEFINIÇÃO DAS INFORMAÇÕES A SEREM EXTRAÍDAS DOS ESTUDOS

Para esta etapa foi utilizado instrumento de análise (APÊNDICE A) adaptado de Costa (2012), que contempla as seguintes informações: dados de identificação do artigo (título, autores, nome e qualis do periódico, ano de publicação, idioma e a base de dados) e objetivo do estudo.

#### 4.5 AVALIAÇÃO DOS ESTUDOS INCLUÍDOS NA REVISÃO

Realizou-se a análise minuciosa dos estudos selecionados observando alguns aspectos metodológicos e similaridade ou conflitos entre os resultados encontrados. Assim, possibilitando o conhecimento científico acerca do uso da MA na prática odontológica, os benefícios e limitações desta aplicação (BEYEA, NICOLL, 1998).

Como método auxiliar para esta etapa utilizou-se um formulário de extração de dados adaptado de Costa (2012) (APÊNDICE B) para apresentar sintetizar e comparar os resultados obtidos dos artigos selecionados.

#### 4.6 INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

Com o embasamento da avaliação dos resultados dos estudos incluídos na pesquisa, realizou-se a comparação entre os estudos, a identificação de conclusões e implicações resultantes da revisão integrativa (MENDES, SILVEIRA, GALVÃO, 2008).

Ademais, a identificação de possíveis lacunas oferece oportunidade para o apontamento de sugestões pertinentes para futuras pesquisas relacionadas com a temática em questão (GANONG, 1987)

#### 4.7 SÍNTESE DO CONHECIMENTO E APRESENTAÇÃO DA REVISÃO

Encaminhando-se para o desfecho desta revisão integrativa foram elaborados resumos das evidências disponíveis com a produção dos resultados, de maneira que, a síntese do conhecimento foi apresentada nos itens 5 e 6 (Resultados e Discussão).

#### 4.8 CONSIDERAÇÕES ÉTICAS

Por ter se tratado de uma pesquisa que fez uso de informações disponíveis em base de dados de domínio público não houve a necessidade de ser submetido ao Comitê de Ética em Pesquisas com Seres Humanos.

## 5 RESULTADOS

Os resultados desta pesquisa foram apresentados através de ilustrações (quadros e gráficos) e, posteriormente, da discussão dos dados encontrados.

No Quadro 01 estão inseridas informações referentes aos dados de identificação (título, autores, nome e qualis do periódico, ano de publicação, idioma e a base de dados) e objetivo de estudo dos 04 artigos que fizeram parte da amostra final desta revisão.

**Quadro 1.** Dados de identificação e objetivo dos artigos selecionados.

<b>Autores/Ano</b>	<b>Título</b>	<b>Objetivo do estudo</b>	<b>Base de dados/Idioma</b>	<b>Periódico/Qualis</b>
Schneider <i>et al.</i> , (2019a)	A randomized controlled clinical trial comparing conventional and computer-assisted implant planning and placement in partially edentulous patients. Part. 3: Time and cost analyses	Comparar tempo e custo de protocolos virtuais de planejamento e cirurgia de implante com protocolos convencionais	PubMed  Inglês	The International Journal Periodontics & Restorative Dentistry  B1

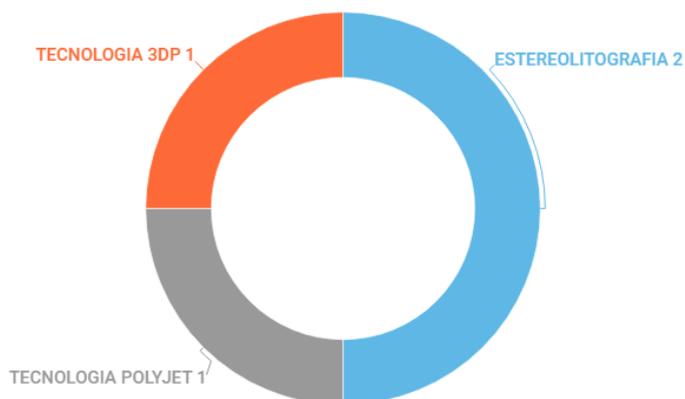
Schneider <i>et al.</i> , (2018)	Customized virtual surgical planning in bimaxillary orthognathic surgery: a prospective randomized trial	Comparar a precisão de ângulos definidos, além de analisar a precisão dos guias cirúrgicos, o tempo necessário para a cirurgia e os custos dos planejamentos virtual e convencional na cirurgia ortognática bimaxilar	PubMed  Inglês	Clinical Oral Investigations  A1
Gan <i>et al.</i> , (2018)	Comparison of adaptation between the major connectors fabricated from intraoral digital impressions and extraoral digital impressions	Comparar a adaptação entre os principais conectores de próteses parciais removíveis oriundos de impressões digitais intraorais e extraorais	PubMed  Inglês	Scientific Reports  A1

Schneider <i>et al.</i> , (2019b)	A randomized controlled clinical trial comparing conventional and computer-assisted implant planning and placement in partially edentulous patients. Part. 4: Accuracy of implant placement	Comparar os resultados de precisão de implantes instalados por um planejamento convencional com planejamentos virtuais	PubMed Inglês	The International Journal Of Periodontics & Restorative Dentistry B1
-----------------------------------	---	--	------------------	---

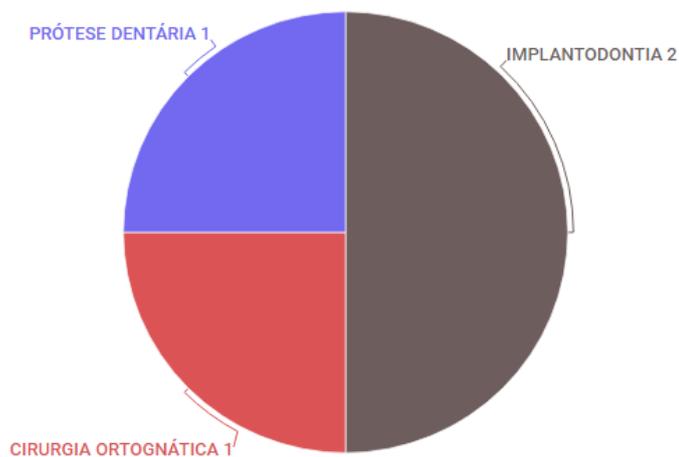
Fonte: Elaborado pelo Autor

Nos gráficos 01 e 02 estão inseridas informações referentes às técnicas de MA utilizadas nos 04 artigos que fizeram parte da amostra final desta revisão e suas referidas aplicações, respectivamente.

**Gráfico 1:** Técnicas de MA utilizadas nos artigos selecionados



Fonte: Elaborado pelo Autor

**Gráfico 2:** Aplicações da MA

Fonte: Elaborado pelo Autor

Os estudos de Schneider *et al.*, (2019a) e Schneider *et al.*, (2019b) trataram das fases 03 e 04 de ensaio clínico, onde a *SLA* foi aplicada para execução de tratamentos de reabilitação por implantes.

No trabalho de Schneider *et al.*, (2018), os autores abordaram a aplicação da Tecnologia *3DP* para a Cirurgia Ortognática, já Gan *et al.*, (2018) apresentaram a aplicação da Tecnologia *PolyJet* para a Prótese Dentária.

No estudo de Schneider *et al.*, (2019a) os autores avaliaram e compararam o tempo e custo de planejamento e execução de dois protocolos em procedimentos de reabilitação por implantes únicos. A amostra do estudo foi composta por pacientes adultos, parcialmente desdentados que apresentavam indicação para reabilitação por implante. Foram analisados dois protocolos: um convencional de planejamento e instalação em 26 pacientes e outro em que se utilizou planejamento 3D e guias cirúrgicos em 24 pacientes. Estes pacientes foram alocados aleatoriamente em um dos grupos de tratamento os quais consistiram em planejamento pré-operatório com base em radiografia panorâmica bidimensional e instalação de implante à mão livre e planejamento pré-operatório 3D com base em TC e instalação de implante auxiliado com guia cirúrgico impresso por MA. Custos fixos derivados de um scanner óptico, *hardware* de computador, *software* não foram incluídos na avaliação.

Os resultados destes autores referentes à abordagem utilizando o planejamento 3D e guias cirúrgicos, em geral, demonstraram que não houve benefício de redução de tempo e apresentaram custos mais altos em comparação ao protocolo convencional.

Schneider *et al.*, (2019b) na fase 04 do mesmo ensaio clínico descrito no parágrafo anterior, compararam a precisão de implantes instalados através do planejamento convencional e planejamento 3D, em que a posição pós-operatória do implante foi registrada e comparada com a posição inicialmente planejada. Os autores fizeram as aferições de desvios horizontais, verticais e angulares entre as posições final e inicialmente planejada do implante em três níveis de eixo: nível oclusal (conforme definido por um ponto no centro da reconstrução), nível do ombro do implante e nível do ápice do implante. Os autores verificaram que os protocolos com planejamentos 3D proporcionaram alta precisão na transferência da posição inicialmente planejada do implante para a posição efetivamente alcançada.

Já Gan *et al.*, (2018) compararam em seu ensaio clínico a adaptação de conectores de próteses parciais removíveis derivados de impressões digitais intraorais e extraorais numa amostra não-randomizada de 22 pacientes adultos jovens que apresentavam boa higiene bucal e tecidos moles saudáveis. Os autores destacaram que o conector maior de escolha para o estudo foi a placa palatina, devido a sua rigidez, suporte e conveniência para análise da adaptação. Esta análise foi feita através da aferição de espessura de um material de moldagem que foi distribuído uniformemente no corpo da placa palatina e adaptado na boca do paciente. Os autores determinaram áreas para avaliação da espessura do material de moldagem, sendo elas: R1, M1 e L1 (margem anterior), R2, M2 e L2 (seção intermediária) e R3, M3 e L3 (margem posterior). Neste estudo foi observada a possibilidade da confecção de conectores de próteses parciais removíveis, pois a adaptação destes dispositivos foi clinicamente aceitável.

Schneider *et al.*, (2018) compararam a precisão de placas cirúrgicas, o tempo necessário para a cirurgia e os custos dos planejamentos 3D e convencional na Cirurgia Ortognática Bimaxilar, onde selecionaram uma amostra randomizada de 21 pacientes adultos com má oclusão esquelética Classe II, sendo 09 pacientes tratados com planejamento 3D e 12 pacientes tratados com planejamento convencional. Os autores realizaram as aferições das diferenças angulares da maxila e mandíbula: Ângulos SNA (indica a posição horizontal da maxila com relação à base do crânio), SNB (indica a posição horizontal da mandíbula em relação à base do crânio) e ANB (indica a posição relativa da maxila em relação à mandíbula), compararam os números do pós-operatório com o planejamento inicial dos protocolos. A precisão das placas cirúrgicas foi observada no transoperatório ao avaliarem a adaptação, assim como procedimentos de

ajustes ou retificações nos grupos das placas cirúrgicas pré-dobradas com o auxílio do biomodelo e do planejamento convencional. O tempo cirúrgico foi calculado através de cronômetro e os custos fixos como preços de compras de dispositivos ou *softwares* foram excluídos. Os autores observaram que ao utilizar a tecnologia 3D houve uma redução notável no tempo operatório, as placas cirúrgicas planejadas 3D apresentaram melhor adaptação, assim como melhor precisão dos resultados pós-operatórios, contudo, essa melhoria pôde refletir em maiores despesas financeiras.

## 6 DISCUSSÃO

No decorrer da análise dos artigos selecionados, perceberam-se algumas abordagens em comum entre os autores, como a influência da aplicação das tecnologias de MA no custo, precisão e tempo dos procedimentos cirúrgicos.

Os resultados do estudo de Schneider *et al.*, (2019a) verificaram que a abordagem utilizando o planejamento 3D e guias cirúrgicos, em geral, não teve benefício de redução de tempo sobre o protocolo convencional. O grupo teste teve tempo de planejamento mais longo, em média de 13 minutos, o que se justificou pelo acesso a *softwares* de planejamento, enquanto o grupo controle teve em média de 5,5 minutos. Também não foi observada vantagem significativa de tempo durante a cirurgia de instalação de implantes do grupo teste (73 minutos) em comparação com o grupo controle (82 minutos) (SCHNEIDER *et al.*, 2019a).

Em contrapartida, o estudo de Schneider *et al.*, (2018) evidenciou vantagem com relação à redução significativa no tempo de intervenção na Cirurgia Ortognática, onde o grupo teste tratado com planejamento 3D e uso de guias cirúrgicos teve tempo cirúrgico de 162 minutos, enquanto o grupo tratado com planejamento convencional, 202 minutos.

A postulação de que protocolos 3D reduzem o tempo de intervenção quando comparados aos convencionais não foi comprovada para colocação de implante único no estudo de Schneider *et al.*, (2019a), no entanto, os autores apontaram que uma vantagem de tempo pode ser eventualmente alcançada quando vários implantes são instalados simultaneamente. Contudo, apesar da desvantagem de tempo observada neste estudo, os autores salientaram que o planejamento 3D levou a uma melhor tomada de decisão pré-operatória.

Os maiores tempos de planejamento investidos nos grupos que utilizaram a tecnologia 3D puderam ser justificados devido a uma preparação pré-operatória do cirurgião e do paciente, contribuindo para um nível reduzido de estresse durante a cirurgia de implante, o que pode refletir numa melhora dos resultados cirúrgicos (SCHNEIDER *et al.*, 2019a).

Os resultados do estudo de Schneider *et al.*, (2019a) indicaram que a abordagem utilizando o planejamento 3D e guias cirúrgicos, em geral, apresentaram custos mais altos em comparação ao protocolo convencional, de modo que, para abordagem do grupo controle, os autores obtiveram custos de aproximadamente 1.500,00 CHF (R\$

9.000,00), enquanto que para o grupo teste o custo foi de aproximadamente 2.100,00 CHF (R\$12.900,00). Os autores apontaram os menores custos no protocolo convencional ao fato de não ser utilizado um guia cirúrgico impresso tridimensionalmente. Outro fator que contribuiu para a redução do custo foi o uso de uma radiografia panorâmica ao invés de uma TC. Nessa perspectiva, tornou-se pertinente a análise crítica da qualidade da evidência destes resultados no tocante à avaliação de custos, na medida em que houve a comparação de procedimentos auxiliados pela TC, a qual se caracteriza um exame de imagem tridimensional e padrão-ouro para planejamento, com procedimentos auxiliados por radiografia panorâmica bidimensional, indicando um possível viés de aferição.

Corroborando com os dados observados no estudo citado anteriormente, Schneider *et al.*, (2018) evidenciaram que a aplicação do planejamento 3D e confecção de guias cirúrgicos teve custo médio 884,00 Euros (R\$ 5.862,41), enquanto que o planejamento convencional teve custo de 479,00 Euros (R\$ 3.176, 58). O presente estudo demonstrou custos mais altos, porém, significativamente, menor tempo de cirurgia para o planejamento 3D e uso de guias cirúrgicos. Os autores ainda inferiram que estudos adicionais, incluindo estudos de custo-efetividade, são recomendados para maiores evidências.

No que se refere às avaliações de precisão, no estudo de Schneider *et al.*, (2019b), as discrepâncias entre as posições inicialmente planejada e obtida dos implantes no nível do plano oclusal da restauração foram em média 0,65 mm no grupo de controle e 0,59 mm no grupo teste. Ao nível do ombro do implante, os valores totalizaram 1,25 mm para o grupo controle e 0,97 mm para o grupo teste. No ápice do implante, desvios médios de 2,32 mm foram registrados no controle, 0,97 mm no teste. As discrepâncias na direção vertical foram semelhantes nos grupos, 0,28 mm e 0,2 mm no grupo de controle e teste respectivamente. Desvios angulares de 7,36 graus foram aferidos no grupo controle e de 4,23 graus no grupo teste.

Os resultados do referido estudo demonstraram que imprecisões são inevitáveis entre o planejamento e a instalação de implantes ao se utilizar qualquer um dos protocolos investigados, entretanto, em comparação com o protocolo convencional, os protocolos de planejamento 3D mostraram um erro médio de angulação do implante significativamente menor, assim como um erro médio de transferência menor no ombro e no ápice do implante (SCHNEIDER *et al.*, 2019b).

Os autores ressaltaram a ideia de reconhecer que não há uma posição de implante ideal absoluta, e que, de outro modo, existe uma gama de posições clinicamente adequadas que são compatíveis com uma restauração que atende aos requisitos estéticos, funcionais, fonéticos e higiênicos. Portanto, os valores de precisão numérica têm uma validade relativa e devem ser interpretados com cautela.

Com base nestes resultados, Schneider *et al.*, (2019b) inferiram que os protocolos com planejamentos 3D proporcionaram alta precisão na transferência da posição planejada do implante para a posição efetivamente alcançada. Na população do presente estudo a precisão do grupo teste foi superior aos protocolos convencionais, no entanto, quando os desfechos clínicos são avaliados (nenhum dano às estruturas anatômicas, entrega de reconstrução protética funcional e estética), nenhum dos protocolos estudados foi superior ao outro. Além disso, os autores aconselharam sobre a importância da verificação intra-cirúrgica, onde são incluídos parâmetros clínicos que podem não estar disponíveis durante a fase de planejamento no *software*, que pode levar a eventuais correções intraoperatórias da posição do implante.

Em concordância com o estudo de Schneider *et al.*, (2019b), Schneider *et al.*, (2018) expuseram que houve diferenças significativas na precisão intraoperatória entre as placas planejadas com o auxílio da tecnologia 3D com relação ao planejamento convencional. As placas planejadas 3D necessitaram de menores ajustes, como encurtamento ou retificação e demonstraram bom ajuste sem discrepância. Em 58,3% dos casos, a placa convencional apresentava pelo menos um dos problemas acima mencionados com falta de precisão. Em comparação, 0% das placas planejadas 3D apresentaram imprecisões.

Schneider *et al.*, (2018), ao lançarem mão do planejamento 3D, observaram que o ângulo SNA demonstrou divergência média de  $0,6^\circ$  entre o planejamento e o resultado pós-cirúrgico. Em comparação, a divergência do planejamento convencional foi de  $1,8^\circ$ . Este resultado indicou uma diferença significativa de  $1,2^\circ$ . Para SNB, o valor médio foi de  $0,7^\circ$  para o planejamento 3D e  $1,9^\circ$  para o convencional. A mesma diferença de  $1,2^\circ$  foi significativa. Para ANB, uma divergência de  $0,5^\circ$  entre os valores planejados e o pós-cirúrgico no planejamento 3D, já para o convencional, a divergência foi  $1,6^\circ$ . A diferença de  $1,1^\circ$  também foi significativa.

Schneider *et al.*, (2018) compreenderam que ao se utilizar a tecnologia 3D em combinação com biomodelos dos maxilares, há uma redução notável no tempo operatório, discordando, neste aspecto com os achados de Schneider *et al.*, (2019a), em

conjunto com uma melhoria na precisão dos resultados pós-operatórios, contudo, essa melhoria pode refletir em maiores despesas financeiras, tornando-se uma limitação para sua execução, de acordo, nestes dois últimos aspectos com o que Schneider *et al.*, (2019a) também mostraram em sua pesquisa.

Ao se tratar de precisões dos artefatos oriundos da tecnologia 3D, Gan *et al.*, (2018) estão em consonância com Schneider *et al.*, (2019b) e Schneider *et al.*, (2018), ao demonstrarem em seu estudo que foi possível fabricar conectores de prótese parcial removível por impressão digital e técnica de impressão 3D. No referido estudo, a adaptação do conector tipo placa palatina do grupo intraoral foi significativamente diferente da do grupo extraoral, exceto no ponto R1 ( $p = 0,195$ ). Nos pontos M1, L1, R2, L2, R3 e L3, a camada do material de moldagem era mais delgada no grupo extraoral do que no grupo intraoral ( $p < 0,05$ ), o que significa que a adaptação do conector derivado das impressões digitais extraoral foi melhor do que a das impressões digitais intraorais nessas áreas com diferença de adaptação de  $44,11 \mu\text{m}$  a  $286,85 \mu\text{m}$ . No ponto M2 e M3, a camada do material de moldagem era mais delgadas no grupo intraoral que no grupo extraoral ( $p < 0,05$ ), o que significa que a adaptação do conector derivado das impressões digitais intraorais foi melhor do que a das impressões digitais extraorais nessas áreas com diferença de adaptação de  $130,68 \mu\text{m}$  e  $189,02 \mu\text{m}$ . Houve diferenças significativas na adaptação na margem anterior ( $p = 0,002$ ), seção intermediária ( $p < 0,001$ ) e margem posterior ( $p < 0,001$ ) entre o grupo intraoral e extraoral. Apesar das diferenças de adaptações entre os grupos estudados, os autores salientaram a possibilidade da confecção de conectores de próteses parciais removíveis, pois a adaptação destes dispositivos foi clinicamente aceitável.

Estes autores conceberam que são necessários mais estudos experimentais, assim como abordagens subjetivas a respeito dos comentários dos pacientes tratados com a tecnologia proposta sobre o conforto e satisfação ao uso destes artefatos, com o objetivo de propiciar a expansão da aplicação clínica no futuro (GAN *et al.*, 2018).

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através desta revisão integrativa foram elucidadas aplicações das tecnologias de MA em especialidades odontológicas como a Cirurgia Ortognática, Implantodontia e Prótese Dentária, onde os autores abordaram questões semelhantes desta aplicação em seus estudos.

Mesmo com divergências, os estudos evidenciaram que o uso da tecnologia 3D para o planejamento de procedimentos em especialidades odontológicas resultou em benefícios relacionados à redução significativa no tempo de intervenção, precisão de resultados pós-cirúrgicos, assim como da anatomia de artefatos oriundos de técnicas de MA, ferramenta auxiliar na etapa diagnóstica ou de tratamento, viabilizando melhor compreensão do caso, planejamento e tomada de decisão.

Limitações foram demonstradas no tocante aos custos da referida aplicação, de forma que os planejamentos e procedimentos realizados com o auxílio das tecnologias 3D apresentaram custos significativamente altos, havendo a possibilidade de restrição ao acesso a estes serviços por parte dos cirurgiões-dentistas e pacientes. Os referidos achados podem oferecer subsídio para ATSS e gestores nas tomadas de decisão em saúde baseada na análise desta e de outras revisões sistematizadas aliadas a análises econômicas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARCLIFT, M. W. WILLIAMS, C. B. Examining variability in the mechanical properties of parts manufactured via polyjet direct 3D printing. **In International Solid Freeform Fabrication Symposium**. p. 6-8. August. 2012.
- BARNATT, C. **3D Printing – The next industrial revolution**. 1ª. ed. Nottingham: Explainingthefuture, p.262. 2013.
- BEYEA, S.C. NICOLL, L. H. Writing an integrative review. **AORN J**, v. 67, n. 4, p. 877-880, Apr, 1998.
- BLANTHER, J. E. **Manufacture of contour relief-maps**. US473901 A, 24 April. 1890, 3 May, 1892.
- CHUA, C.K., LEONG, K.F., LIM, C.S. Rapid prototyping: principles and applications. **NJ: World Scientific**. Singapore. 3rd ed. 2010.
- COSTA, A. C. **Síndrome de Munchausen por procuração: Uma revisão integrativa**. 2012. 51f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2012.
- DE CONTO F. et al. Reconstrução de defeitos ósseos no complexo craniofacial por meio de próteses individualizadas – estudo piloto. **RFO**. v.19, n.1, p. 63-69, Abr, 2014.
- FREITAS, S.A.P., COSTA, P.M., RIBEIRO, R.C. Uso de prototipagem biomédica em Odontologia. **Odontol Clin Cient.**, v.9, n.3, p.223-227, Set., 2010.
- GAN, N. et al. Comparison of adaptation between the major connectors fabricated from intraoral digital impressions and extraoral digital impressions. **Scientific Reports**. Shangai. v.8, n.1, p. 1-9, Jan. 2018.
- GANONG, L.H. Integrative reviews of nursing research. **Res Nurs Health**, v.10, n.1, p.1-11, Feb, 1987.
- GIBSON, I.; ROSEN, D. W.; STUCKER, B. **Additive manufacturing technologies: rapid prototyping to direct Digital manufacturing**. 1ª. ed. Nova York: Springer, 2009.
- GRANT, G.T. Digital capture, design, and manufacturing of a facial prosthesis: Clinical report on a pediatric patient. **J Prosthet Dent.**, v.114, n.1, p.138–41, Jul, 2015.
- HULL, C. **Apparatus for production of three-dimensional objects by stereolithography**. US Patent #4575330 A. 1984.
- LANTADA, A.D., MORGADO, P.L., Rapid prototyping for biomedical engineering current capabilities and challenges. **Annu Rev Biomed Eng** v. 14, n.1, p. 73-96, Aug, 2012.

LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometr.** v. 33, n.1, p. 159. 1977.

LUNSFORD, C. et al. Innovations with 3-dimensional printing in physical medicine and rehabilitation: a review of the literature. **PM&R**, v. 8, n. 12, p. 1201-1212, Jul, 2016.

MARQUES, S. **Estudo da influência da espessura da camada e velocidade do laser na microestrutura e propriedades de peças fabricadas por Fusão Seletiva a Laser no aço Maraging 300**. Dissertação (Mestrado), Centro Universitário Tupi, Joinville, 2014.

MELONI, S.M. et al. Computer-guided implant surgery: a critical review of treatment concepts. **J Oral Maxillofac Surg Med Pathol.** v.26, n. 1, p. 1-6, Jan, 2014.

MENDES, K. D. S. SILVEIRA, R. C. C. P. GALVÃO, C. M. Revisão Integrativa: Método de pesquisa para a incorporação de evidências na saúde e na Enfermagem. **Tex Contexto Enf** v.6, n.4, p.758-764, Dez, 2008.

OBREGON, F. et al. Three-dimensional bioprinting for regenerative dentistry and craniofacial tissue engineering. **J Dental Res.** v. 94, n. 9, p. 143-152, Sep., 2015.

OZAN O. et al. Clinical application of stereolithographic surgical guide with a handpiece guidance apparatus: a case report. **J Oral Implantol.** v.38, n.5, p.603-609, October, 2012.

PARTHASARATHY, J. 3D modeling, custom implants and its future perspectives in craniofacial surgery. **Rev Maxillofac Surg.**, v.4, n.1, p.9-18, Jun, 2014.

PARTHASARATHY, J. et al. Mechanical evaluation of porous titanium (Ti6Al4V) structures with electron beam melting (EBM). **J Mech Beh Biomed Mat**, v. 3, n. 3, p. 249-259, Apr, 2010.

RAVI, B. et al. Computer-aided reverse engineering for rapid replacement parts: a case study. **Def Science J**, New Delhi, v. 56, n. 2, p. 225- 238, Apr, 2006.

ROSA, E.V., OLESKVIC, C.F., ARAGÃO, B.N. Rapid prototyping in maxillofacial surgery and traumatology: case report. **Braz Dent J.** v.15, n.3, p. 243-247. Dec, 2004.

SCHNEIDER, D. et al. Customized virtual surgical planning in bimaxillary orthognathic surgery: a prospective randomized trial. **Clin Oral Investig.** Springer Science And Business Media LLC. v. 23, n.7, p. 3115-3122. 2018.

SCHNEIDER, D. et al. Randomized controlled clinical trial comparing conventional and computer-assisted implant planing and placement in partially edentulous patients. Part 03. Time and cost analyses. **Int J Of Periodontics Restorative Dent.** Zurich. v.39, n.3, p.71-82. 2019a.

SCHNEIDER, D. et al. Randomized controlled clinical trial comparing conventional and computer-assisted implant planing and placement in partially edentulous patients. Part 04. Accuracy of implant placement. **Int J Of Periodontics Restorative Dent.** Zurich. v.39, n.4, p.111-122. 2019b.

URSI, E.S. **Prevenção de lesões de pele no perioperatório: revisão integrativa da literatura.** [Dissertação]. Ribeirão Preto: Universidade de São Paulo, Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto; 2005.

VAIDYA, S.; AMBAD, P.; BHOSLE, S. Industry 4.0—a glimpse. **Procedia Manuf**, v. 20, p. 233-238, Feb, 2018.

VOLPATO, N. et al. **Prototipagem rápida: Tecnologias e aplicações.** 1ª ed. São Paulo: Blücher, 2007.

VOLPATO, N. et al. **Manufatura aditiva: tecnologia e aplicações da impressão 3D.** 1ª ed. São Paulo: Edgard Blucher, Cap.1. p.15-29. 2017.

WANG, X. et al. 3D printing of polymer matrix composites: A review and prospective. **Compos B Eng**, v. 110, n. 1, p. 442-458, Feb, 2017.

WILLEME, F., "Photo-sculpture," patent specification, No. 43,822, **United States Patent Office**, Aug, 1864.

**APÊNDICES****APÊNDICE A** – Instrumento de Análise adaptado de Ursi (2005) e Costa (2012).

<b>Título do artigo:</b>			
<b>Autor (es):</b>	<b>Idioma:</b>		
<b>País de Origem:</b>	<b>Ano:</b>		
<b>Nome e Qualis do periódico:</b>	<b>Ano:</b>	<b>Volume:</b>	<b>Número:</b>
<b>Procedência do artigo (Base de dados):</b>			
<b>Objetivo do estudo:</b>			

**APÊNDICE B** – Formulário de extração de dados adaptado de Ursi (2005) e Costa (2012).

<b>Autores</b>	<b>Características Metodológicas</b>	<b>MA e Aplicação</b>	<b>Resultados</b>	<b>Conclusões e Recomendações</b>
	<b>Tipo de estudo e abordagem:</b>  <b>Seleção da amostra:</b>  <b>Tamanho da amostra:</b>  <b>Características da amostra (Idade, Sexo)</b>  <b>Critérios de inclusão e exclusão:</b>  <b>Grupos teste e controle:</b>			