

**UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL**

**Curso de Odontologia de Caxias do Sul**

**Departamento de Ciências da Vida**

LUIZA DÜRR GAI

**FRESAGEM DE POLIPROPILENO PARA CONFECCÃO DE GUIA CIRÚRGICO E  
SUA RESISTÊNCIA A ESTERILIZAÇÃO EM AUTOCLAVE:  
UM ESTUDO *IN VITRO***

CAXIAS DO SUL

2019

LUIZA DÜRR GAI

**FRESAGEM DE POLIPROPILENO PARA CONFECÇÃO DE GUIA CIRÚRGICO E  
SUA RESISTÊNCIA A ESTERILIZAÇÃO EM AUTOCLAVE:  
UM ESTUDO *IN VITRO***

**Banca Avaliadora:**

Prof. Dr. Luiz Felipe Butzke Coelho

Universidade de Caxias  
do Sul

Trabalho de conclusão de curso II apresentado à  
Universidade de Caxias do Sul, como requisito  
parcial para a obtenção do grau de  
Cirurgiã-Dentista.

Orientador: Prof<sup>o</sup> Me. Celso Ricardo Adami

Co-orientador: Prof<sup>o</sup> Dr. Thiago de Oliveira Gamba

Prof. Dr. Paulo Roberto Castro Mattia

Universidade de Caxias do Sul

## **DEDICATÓRIA**

É com muita alegria que escrevo essa dedicatória, com o coração radiante e a visão embaralhada por conta das lágrimas.

Não poderia deixar de agradecer ao nosso bom e justo Deus, ele sempre sabe qual é o momento certo para conquistarmos o que tanto almejamos.

Agradeço a minha família, porém em especial ao meu pai e mãe, que sempre me mostraram através da educação, caráter e trabalho duro que eu posso conquistar os meus sonhos. E aos meus avós, Lyra e Hans que são as pessoas mais puras de coração que eu conheço, vocês me ensinaram a amar e a nunca deixar de ser feliz apesar das dificuldades.

Ao meu irmão Pedro, meu sobrinho Gabriel, a minha tia Graciela e aos meus amigos de coração Cleusa e Fernando. Todos vocês fizeram parte dessa caminhada.

E por último, porém não menos importante, ao meu marido e melhor amigo Marcelo, por me apoiar diariamente nessa longa jornada da graduação e por ser meu maior incentivador. Contigo aprendi a ser forte e a ter sensibilidade, me tornei um ser humano melhor ao teu lado. Obrigada por tudo meu amor!

Amo todos vocês, obrigada!

## **AGRADECIMENTO**

Aos meus orientadores, Prof<sup>o</sup> Me. Celso Ricardo Adami e Prof<sup>o</sup> Dr. Thiago de Oliveira Gamba por todo o empenho e apoio que dedicaram a mim e a esta pesquisa.

Com vocês aprendi muito sobre Odontologia, como ser um profissional de excelência além de um bom ser humano. Tenho muito orgulho da história de cada um e sempre irei me inspirar em vocês.

Ao Laboratório Dgtall's pela disponibilidade e paciência em realizar todos os processos que envolveram a tecnologia *CAD/CAM*, oferecendo grande qualidade nos serviços prestados.

A Luciane funcionária do setor de CME do curso de Odontologia da UCS, por ter realizado os processos de esterilização e pela disposição em ajudar.

Ao Laboratório de Ensaios Mecânicos da UCS pelo ótimo trabalho que fizeram no planejamento e corte das placas em Polipropileno.

Além de todos os demais professores e profissionais que contribuíram de alguma forma para que esta pesquisa fosse realizada.

Deixo o meu agradecimento e gratidão a todos vocês!

## RESUMO

O presente trabalho se refere a uma pesquisa de aplicabilidade do Polipropileno copolímero (CoPP), realizando testes *in vitro* com o intuito de avaliar a fidelidade do material para a confecção de guias cirúrgicos (GC) planejados e produzidos por meio da tecnologia CAD/CAM (*Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing*) para cirurgia guiada de implantes dentários. A partir do escaneamento com *scanner* extra oral de um manequim em resina foi gerado um arquivo com extensão *STL (stereolithography)*, partindo desta imagem um GC foi desenhado sobre ele por meio dos *softwares Blue Sky Plan 4® e Meshmixer®*. Com o planejamento do GC finalizado, uma placa de Polipropileno (CoPP) de dimensão adequada foi colocada em posição na fresadora odontológica de 5 eixos para fresagem de quatro GC. Após usinagem foram divididos em duplas e passaram por processo de esterilização em dois ciclos distintos em autoclave a vapor úmido sob altas temperaturas. Cada um dos GC's foi re-escaneado após fresagem e esterilização, passando posteriormente por análise estatística no *software CloudCompare® v 2.7.*, no qual as imagens adquiridas da pós fresagem e esterilização foram comparadas a imagem do guia do planejamento digital, dando a possibilidade de observar o quão fiel os GC's em CoPP foram ao serem usinados. Além de analisar o grau de distorção ao serem submetidos ao processo de esterilização. Nos resultados observamos maiores erros nos processos de escaneamento e fresagem em comparação ao processo de esterilização dos guias. Apesar de terem sido erros mínimos, o escaneamento pode ter a técnica aprimorada e a estratégia de fresagem pode ser ajustada conforme as propriedades do CoPP. Na análise visual de colorimetria, os tons verdes predominaram nas amostras, tanto na pós fresagem quanto na pós esterilização, resultando em um guia cirúrgico com alto valor de precisão e pouca variância. Julgamos ser relevante dar continuidade aos estudos em relação ao Polipropileno, realizando a fresagem e esterilização com amostras maiores, além de realizar cirurgia de implantes dentários *in vitro* para analisar o grau de desvio do parafuso ao utilizar uma guia em Polipropileno.

**Palavras chave:** *CAD-CAM; Polymer; Sterilization;*

## **ABSTRACT**

The present work refers to a research of applicability of Polypropylene copolymer (CoPP), performing in vitro tests in order to evaluate the fidelity of the material for the preparation of surgical guides (GC) planned and produced by CAD / CAM technology ( Computer Aided Design / Computer Aided Manufacturing) for guided dental implant surgery. From the scanning with extra-oral scanner of a resin dummy, a file with extension STL (stereolithography) was generated, starting from this image a GC was drawn on it by the software Blue Sky Plan 4® and Meshmixer®. With the finalized GC planned, a properly sized Polypropylene (CoPP) plate was placed in position on the 5-axis dental milling machine for four GC milling. After machining they were divided into pairs and underwent sterilization process in two separate cycles in wet steam autoclave under high temperatures. Each of the GC's was re-scanned after milling and sterilization, and then subjected to statistical analysis using CloudCompare® v 2.7 software, in which the post milling and sterilization images were compared to the digital planning guide image, giving the possibility of observe how faithful CoPP GCs were when machined. In addition to analyzing the degree of distortion when undergoing the sterilization process. In the results we observed larger errors in the scanning and milling processes compared to the sterilization process of the guides. Although these were minimal errors, scanning can be improved technique and milling strategy can be adjusted according to CoPP properties. In the visual analysis of colorimetry, the green tones predominated in the samples, both after milling and post sterilization, resulting in a surgical guide with high precision value and little variance. We believe it is relevant to continue the

studies regarding Polypropylene, milling and sterilization with larger samples, and perform in vitro dental implant surgery to analyze the degree of screw deviation when using a Polypropylene guide.

**Keywords:** *CAD-CAM; Polymer; Sterilization;*

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. MATERIAIS E MÉTODOS	8
2.1 Guia cirúrgico na era digital	8
2.1.1 Polipropileno Copolímero (CoPP)	9
2.1.2 Fresadora Odontológica CNC	9
2.1.3 Esterilização em autoclave	10
2.1.4 Monitoramento químico	11
2.1.5 Ambiente de trabalho	11
2.1.6 Validação das imagens	12

2.2 Metodologia	13
3. RESULTADOS	18
4. DISCUSSÃO	26
5. CONCLUSÃO	29
6. REFERÊNCIAS	30



## 1. INTRODUÇÃO

A Odontologia não foi mais a mesma após a descoberta do fenômeno chamado osseointegração pelo médico sueco Per-Ingvar Brånemark. O renomado pesquisador iniciou as suas pesquisas com animais<sup>1</sup>, e após resultado satisfatório iniciou testes em humanos utilizando ID's (implantes dentários) rosqueados com formato cilíndrico produzidos em titânio.<sup>2</sup>

A osseointegração fornece uma relação estável e duradoura entre o ID e o tecido ósseo, proporcionando a instalação de próteses sobre este dispositivo, que confere estabilidade por longos períodos.<sup>3</sup> Com a ascensão dos implantes odontológicos osseointegrados observou-se uma lacuna de informações entre o médico que realizava a cirurgia e o cirurgião-dentista que planejava a posição dos ID's e as próteses posteriormente. Por conta deste quesito, consta na literatura que EDGE (1987) realizou um planejamento hipotético da posição ideal dos ID's utilizando imagens radiográficas do tipo 2D, e a partir daí confeccionou um guia cirúrgico em resina acrílica.<sup>4</sup>

Nos anos 2000 a Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico (TCFC) já estava sendo usada para a aquisição das imagens, além da tecnologia *CAD/CAM* (*CAD- Computer Aided Design, CAM - Computer Aided Manufacturing*), por meio do planejamento da peça e produção pela tecnologia de prototipagem rápida.<sup>5</sup> A precisão dos *softwares* para planejamento de ID's e a TCFC com reconstrução 3D possibilitaram a confecção de guias cirúrgicos para cirurgia guiada com tamanha exatidão que testes *In Vivo* começaram a ser feitos com a técnica *flapless*, ou seja, sem a realização de retalho muco periosteal. O planejamento utilizando as imagens da TCFC resultou em procedimentos minimamente invasivos, mais rápidos e com alta taxa de sucesso.<sup>6,7,8,9,10,11</sup>

Atualmente os guias cirúrgicos são planejados e confeccionados no sistema *CAD/CAM*, e impressos por meio de impressoras odontológicas com resinas líquidas<sup>12</sup> ou fresados por meio de fresadora odontológica<sup>13</sup> utilizando a resina acrílica (PMMA-Polimetilmetacrilato).<sup>13</sup>

A era digital ainda não atingiu todos os profissionais, portanto, ainda encontramos guias cirúrgicos confeccionados em resina acrílica auto polimerizável, feita de forma manual, sem planejamento virtual.<sup>11</sup> Em relação às três técnicas encontradas para a produção dos guias

cirúrgicos, acima citadas, a última é a menos precisa em relação a posição final dos implantes, entre as guias produzidas pela tecnologia *CAD/CAM* a guia fresada é mais precisa comparado a guia impressa. Mesmo tendo um grau de distorção, a técnica impressa é aceitável.<sup>13,14,15</sup>

Os guias cirúrgicos são denominados artigos críticos, ou seja, são materiais utilizados em procedimentos de alto risco para desenvolvimento de infecções, no caso de procedimentos invasivos com penetração de pele e mucosa, portanto deve ser realizado esterilização com método físico para manter a biossegurança.<sup>16</sup> Analisando esta exigência da ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária)<sup>16</sup>, verificamos que para impressão em impressora 3D dispomos no Brasil uma resina que resiste a esterilização a vapor, segundo o fabricante<sup>17</sup>, porém para fresagem em fresadora odontológica dispomos da resina acrílica denominada PMMA (Polimetilmetacrilato) que segundo a literatura sofre deformação ou esfoliação em autoclave com vapor saturado sob pressão a partir de 100°C.<sup>18</sup>

Pensando nesta lacuna do mercado odontológico realizamos o planejamento de guias cirúrgicos, fresagem e posterior esterilização, utilizando como matéria-prima um polímero biocompatível, que possui grande aplicabilidade na área cirúrgica médica<sup>19,20,21,22,23</sup> e odontológica<sup>24</sup>, o Polipropileno copolímero.<sup>25</sup>

O objetivo foi testar o polímero Polipropileno (Polipropileno copolímero – CoPP)<sup>25</sup>, para a confecção de guias cirúrgicos para cirurgia guiada de implantes dentários através da fresagem em fresadora odontológica e posterior esterilização em autoclave de consultório.

Com isso iremos manter a biossegurança<sup>16</sup> em âmbito cirúrgico, além de proporcionar comodidade e redução de custos ao Implantodontista, pois poderá realizar o ciclo de esterilização do guia cirúrgico em autoclave de pequeno porte, utilizada normalmente no dia a dia do seu consultório. Abrindo de mão de terceirizar a esterilização com outros métodos.<sup>18</sup>

## **2.MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1 Guia cirúrgico na era digital**

Os guias cirúrgicos digitais são dispositivos que tem como objetivo orientar a posição ideal para a colocação dos implantes dentários. Eles são executados pela tecnologia *CAD/CAM*, ou seja, planejados através das imagens tomográficas (*DICOM*) e das imagens *STL* adquiridas por escaneamento intraoral ou extraoral de modelos ou moldagens e a associação entre estas

imagens irá possibilitar o desenho do guia em um *software* apropriado. E em seguida ele poderá ser prototipado em impressora ou fresadora odontológica<sup>26</sup>, onde haverá perfurações compatíveis com os diâmetros das brocas do implante dentário.<sup>27,28,29,30</sup>

Estes guias produzidos pela tecnologia *CAD/CAM* segundo a literatura, oferecem menor variação na posição final apical dos implantes, além de serem mais precisos e estarem na posição mais próxima à planejada em comparação aos guias cirúrgicos confeccionados pela técnica convencional.<sup>28</sup>

Além destas vantagens citadas acima, vale ressaltar também que uma cirurgia guiada reduz os descolamentos muco-periosteais, possibilitando uma cirurgia minimamente invasiva.<sup>29</sup>

### 2.1.1 Polipropileno Copolímero (CoPP)

O Polipropileno copolímero é um polímero proveniente do petróleo, sendo então um polímero sintético da classe dos polímeros convencionais (*Commodities*). Sua estrutura química é formada por polímeros de cadeia carbônica, é fabricado pelo método de adição e classifica-se como plástico termosensível.<sup>25,30</sup>

O CoPP é produzido em duas etapas de polimerização, a primeira etapa consiste em uma matriz de PP e na segunda fase se obtêm um copolímero de eteno-propeno, denominado borracha *EPR* (*Ethylene propylene rubber*), a introdução deste elastômero é responsável pela melhoria da tenacidade, aumentando a resistência ao impacto da matriz de PP (Figura 1).<sup>25,30,31</sup>

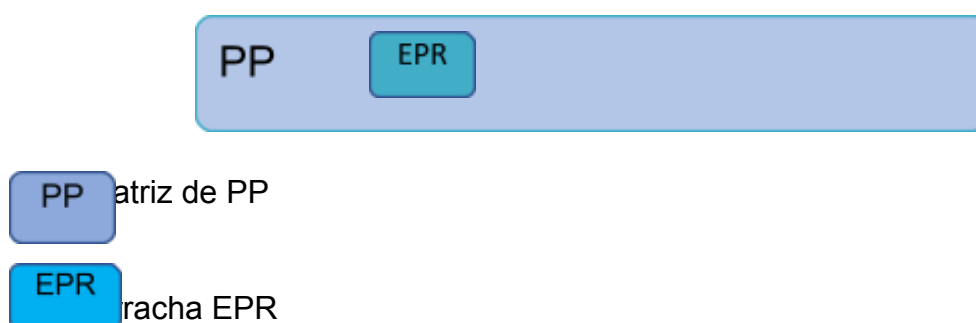


Figura 1: Representação da cadeia de moléculas do PP copolímero heterofásico; Fonte: O autor.

Este copolímero possui propriedades como baixa densidade, ser atóxico, ter baixa absorção de umidade, excelente resistência química e alta resistência ao impacto. Porém, por conter uma fase elastomérica suas propriedades mecânicas se tornam menos favoráveis.<sup>30,31</sup>

É um material biocompatível e possui várias aplicabilidades na área da saúde, como produção de material hospitalar, membranas para ROG (regeneração óssea guiada) na Odontologia, fios de sutura, papel grau cirúrgico, ligaduras de proteção, componente para a produção de placas e parafusos na Ortopedia, além de membranas para uso em cirurgias médicas.<sup>21,22,23,24</sup>

### 2.1.2 Fresadora Odontológica CNC

Na década de 50 surgiram as máquinas com tecnologia por *NC* (*Numeric control*), com o objetivo de reduzir custos. Estas máquinas funcionavam através de cartões perfurados onde continham coordenadas para produção.<sup>26</sup>

Com o avanço da computação, nas décadas de 60 e 70 surgiu a tecnologia do tipo *CNC* (*Computer numeric control*). Que se estabeleceu na década de 70 quando as coordenadas *CNC* se aliaram a programação *CAD*, tecnologia utilizada ainda atualmente que consiste em realizar perfurações da peça com o auxílio de brocas e fresas que obedecem aos comandos de dados de localização e angulações pré planejadas na fase *CAD*.<sup>13,26</sup>

Este sistema permite controlar eixos e funções por meio de códigos G, estes códigos determinam a linguagem de programação da máquina, tanto em fresadoras que são compostas por no mínimo três eixos (X,Y,Z) quanto nos centros de usinagem que possuem cinco eixos (X,Y,Z,A,B) como é o caso da fresadora DM5 do Sistema BR3D®, que possui três eixos lineares (X,Y,Z) e dois eixos de rotação (A,B), permitindo que a ferramenta seja movimentada em qualquer direção em relação a peça.<sup>26</sup>

As máquinas citadas acima têm as suas funções controladas através da programação do operador, e possuem como característica na maioria das vezes a capacidade de rotacionar a peça através do eixo motriz e avançar a ferramenta em direção a peça, além da possibilidade de serem feitas modificações quanto ao padrão do corte, velocidade do corte, rotação dos eixos e tipo de fresa.<sup>26</sup>

Uma das vantagens do uso de máquinas que funcionam por *CNC*, é a possibilidade de utilizar um simulador de pré-fabricação, onde todo o processo de usinagem de uma peça pode ser analisado.<sup>26</sup>

As coordenadas da programação consistem na regra da mão direita, onde a direção X corresponde ao polegar, a direção Y corresponde ao dedo indicador e a direção Z corresponde ao dedo médio, já os eixos A e B, rotacionam a partir do eixo X e Y, respectivamente.<sup>26</sup> Segundo *Park* (2014) em uma pesquisa realizada utilizando impressão 3D e fresadora de 5 eixos para confecção de guia cirúrgico, a peça produzida em fresadora apresentou um desvio significativamente menor comparado a impressão 3D, sendo que a precisão estava dentro da margem de segurança, segundo estudos anteriores.<sup>13</sup>

### **2.1.3 Esterilização em autoclave**

O processo de esterilização consiste em eliminar todas as formas de vida microbiana presentes, através de processos físicos.<sup>16</sup>

Segundo a normas da ANVISA (2006) em serviços odontológicos, os padrões de tempo, temperatura e pressão para esterilização pelo vapor sob pressão variam de acordo com o aparelho, devendo operar sob as temperaturas de 121 a 134°C, portanto a relação tempo de exposição/temperatura deverá atender às recomendações do fabricante da autoclave.<sup>16</sup>

Os guias cirúrgicos se enquadram como artigos críticos, ou seja, são materiais utilizados em procedimentos de alto risco para desenvolvimento de infecções, no caso de procedimentos invasivos com penetração de pele e mucosa, portanto deve ser realizado esterilização com método físico para manter a biossegurança.<sup>16</sup>

### **2.1.4 Monitoramento químico**

Além do monitoramento físico, realizado através do acompanhamento durante o ciclo, como a observação e registro dos parâmetros (temperatura, tempo e pressão). Testes químicos foram utilizados neste estudo para comprovar a eficácia da esterilização através de mudança de cor dos indicadores escolhidos, causados pela temperatura, tempo e vapor saturado.<sup>16</sup>

Foram utilizados indicadores Classe I e Classe V nos ciclos de esterilização deste estudo. Como o papel grau cirúrgico (Classe I) que contém na própria embalagem uma fita branca que se torna enegrecida ao final, indicando ciclo eficiente. Já o indicador Classe V é denominado como um monitor do tipo integrador, que age em todos os parâmetros críticos do processo de esterilização a vapor, como temperatura, tempo e qualidade do vapor.<sup>16</sup>

### 2.1.5 Ambiente de trabalho

Todos os processos que envolveram escaneamento, planejamento e execução dos guias cirúrgicos foram realizados no laboratório digital de prótese dentária Dgtalls® localizado em Caxias do Sul/RS, a empresa conta com uma fresadora odontológica do tipo *CNC (Computer Numeric Control)* de cinco eixos, modelo DM5 do Sistema BR3D®. Além de possuírem um *scanner* de bancada de uso odontológico da marca *Shining 3D® Autoscan-DS-EX*.

Em seus computadores de trabalho possuem diversos *softwares* para realização de planejamentos digitais, dentre eles o *Blue Sky Plan 4®*, que permite a sobreposição de imagens do tipo *DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine)* e *STL*, onde é realizado o planejamento do guia cirúrgico utilizando as imagens da tomografia computadorizada (*DICOM*) do paciente e as imagens em 3D com arquivo *STL* dos dentes e tecidos moles ou através do modelo de gesso dessas estruturas.

A fase que envolve os processos de limpeza, secagem, empacotamento, esterilização em autoclave por vapor úmido sob pressão e monitoramento físico e químico, serão realizados na CME (Central de Materiais Esterilizados) do curso de Odontologia da UCS (Universidade de Caxias do Sul/RS).

### 2.1.6 Validação das imagens

Em relação ao *software* utilizado para análise estatística, existem poucos métodos desenvolvidos para o registro de nuvens de pontos, como é o caso do *software CloudCompare® v 2.7*.

Trata-se de um *software* de código aberto comumente usado para realizar análises topográficas, porém vem sendo utilizado em várias áreas para realizar medições de imagens em 3D e comparação entre nuvens de pontos, coincidindo os centros das caixas delimitadoras e ponto mais próximo iterativo (*ICP*).<sup>31,32</sup>

Avaliando um subconjunto de nuvem de pontos de uma amostra e comparando com outro subconjunto, em seguida calcula automaticamente a distância máxima entre pontos (distância Hausdorff) ou seja, é um método que utiliza o ponto vizinho mais próximo para definir o subconjunto de pontos a comparar.<sup>31,32</sup>

Utilizando as ferramentas de análise disponíveis no *software* os quatro guias foram comparados após a fresagem e também após os ciclos de esterilização, utilizando o mesmo

passo a passo e tendo como referência de todas as análises a imagem *STL* do guia cirúrgico planejado digitalmente nos *softwares Blue Sky Plan 4®* e *Meshmixer®*.

Estes pontos representam o vértice de cada triângulo da malha definidas como nuvens de pontos, e então é calculado a distância entre os seus vértices partindo da imagem de referência. E assim é gerado os valores das distâncias aproximadas entre cada ponto, um histograma de vértices, uma curva gaussiana com mapa de cores contendo o valor da média e do desvio padrão, além da forma da moda desta curva. Tanto o histograma quanto a curva de Gauss são representados pelo intervalo de classe no eixo X e a frequência no eixo Y, sendo que a representação pelo mapa de cores indica a coincidência ou não dos pontos alinhados entre as imagens e a frequência com que eles se repetem ao longo da curva.<sup>32,34,35,36,37,38,39</sup>

Os valores escalares de cada análise também foram coletados, para observar a variação mínima e máxima ocorrida, levando em consideração 100% da amostra. Assim como o cálculo para análise volumétrica dada por unidades cúbicas de cada uma das amostras na pós fresagem e na pós esterilização.<sup>34</sup>

Estes testes estatísticos compararam o guia do planejamento digital com os guias pós fresagem, com o objetivo de averiguar se o CoPP resistiu a usinagem em fresadora odontológica, bem como o seu grau de fidelidade em relação ao planejamento do guia digital. Além da comparação do guia do planejamento digital com os guias após passarem pelo processo de esterilização em autoclave por vapor saturado sob pressão, para ser avaliado o grau de distorção dos guias cirúrgicos ao serem submetidos a altas temperaturas.

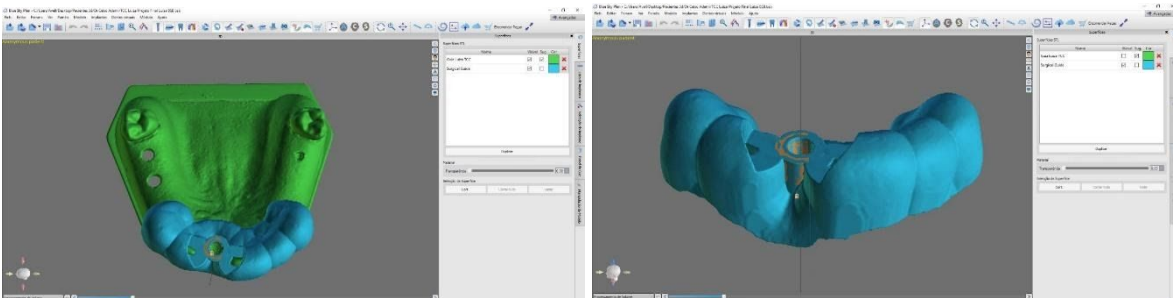
## 2.2 Metodologia

Para dar início ao processo de confecção destes guias cirúrgicos selecionamos um manequim fabricado em resina da arcada superior maxilar contendo área edêntula na região do incisivo central do lado esquerdo (Figura 2), área de interesse para o planejamento do guia cirúrgico desta pesquisa. Por meio de um *scanner 3D* de bancada extra-oral da marca *Shining 3D®* Autoscan-DS-EX (Figura 3), realizamos o escaneamento deste manequim. Ao final da aquisição da imagem do manequim em 3D, gerou-se um arquivo com extensão *STL*, arquivo de estereolitografia, (Figura 4) sendo disponibilizado para planejarmos o guia cirúrgico no *software Blue Sky Plan 4®*.



**Figura 2:** A esquerda, imagem do manequim da arcada superior maxilar; Fonte: O autor. **Figura 3:** Ao centro, imagem do *scanner Shining 3D Autoscan-DS-EX*; Fonte: [www.shining3d.com](http://www.shining3d.com). **Figura 4:** A direita, imagem do escaneamento do manequim em arquivo STL; Fonte: O autor.

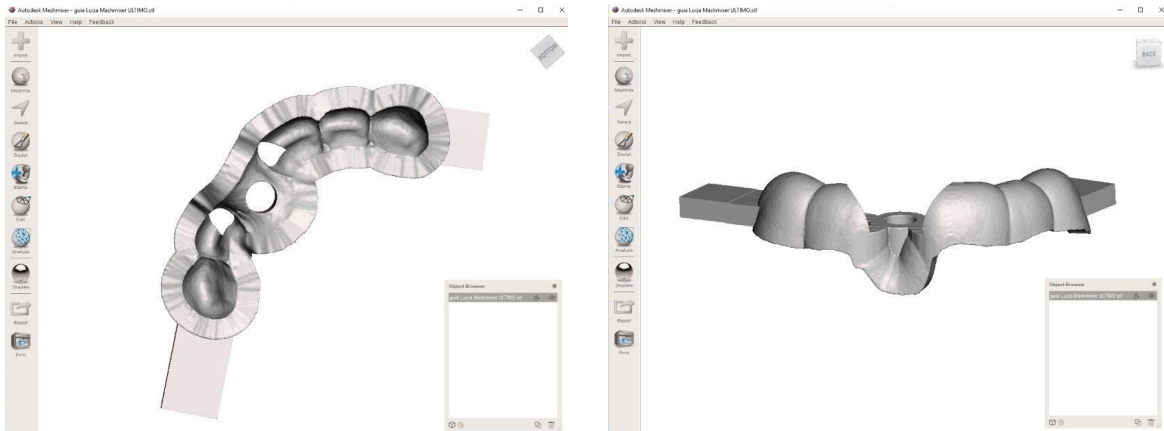
Este *software* permite a sobreposição de imagens do tipo *DICOM* com as extensões *STL*. Porém, como não realizaremos teste *in vivo* nesta pesquisa, usaremos apenas a imagem *STL* do manequim para desenharmos o guia usando-o como referência para simulação de guia cirúrgico para cirurgia guiada hipotética de implante dentário no dente 21, tendo como limite do planejamento do guia a extensão de canino a canino (dentes 13 ao 23), como podemos ver nas figuras abaixo (Fig. 5 e 6).



**Figura 5:** A esquerda temos o manequim com o planejamento do guia no *software Blue Sky Plan 4®*; Fonte: O autor. **Figura 6:** A direita temos o guia cirúrgico desenhado tendo como referência a imagem STL do manequim escaneado; Fonte: O autor.

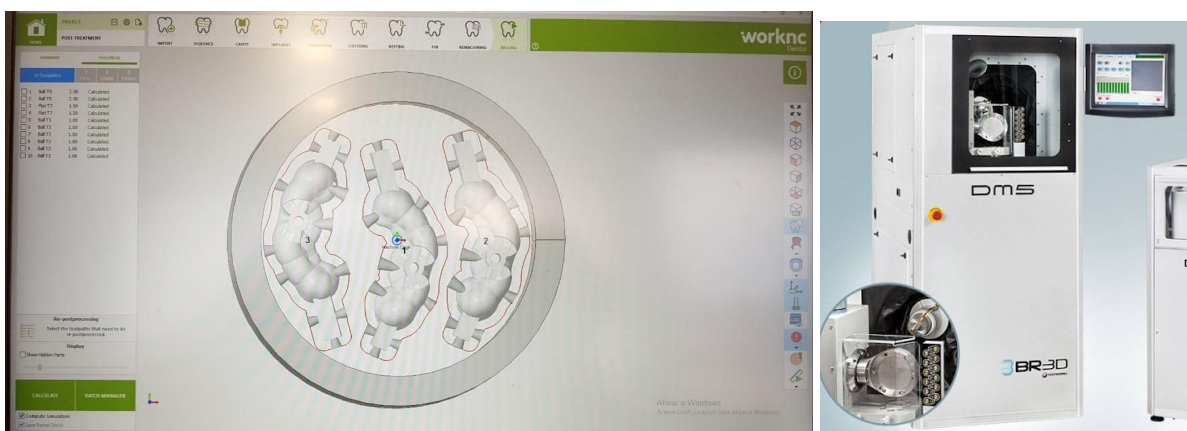
Após o desenho do guia finalizado, o arquivo STL foi reaberto no *software Meshmixer®* para o desenho de duas hastes localizadas em cada extremidade da guia, que servirão como referência para auxiliar na sobreposição dos testes estatísticos e para auxiliar no posterior escaneamento das peças. (Figura 7 e 8)





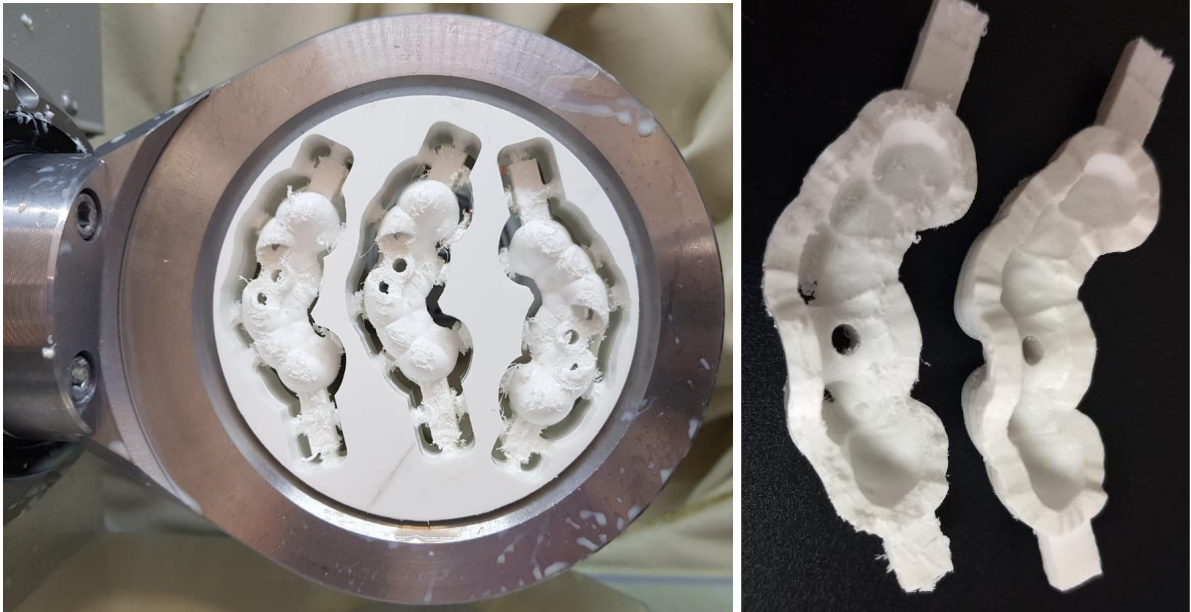
**Figura 7 e 8:** Desenho das hastes realizado no *software Meshmixer*® com vista em dois planos; Fonte: O autor.

A partir deste desenho finalizado, um novo arquivo *STL* é enviado para o *software Worknc*® (Figura 9), no qual será feito o planejamento da disposição dos guias na bolacha de CoPP virtualmente, além de ser feita a seleção da estratégia de fresagem das peças, onde foi utilizado a estratégia para o material PMMA, pois não há estratégia planejada para o CoPP. Feito isso, a placa com dimensões 98mmX20mm foi colocada em posição na fresadora do tipo *CNC* odontológica DM5 do Sistema BR3D Tecnodrill® (Figura 10) para iniciar a fresagem das guias planejadas. Foram produzidos quatro guias cirúrgicos utilizando o mesmo planejamento para a fabricação.



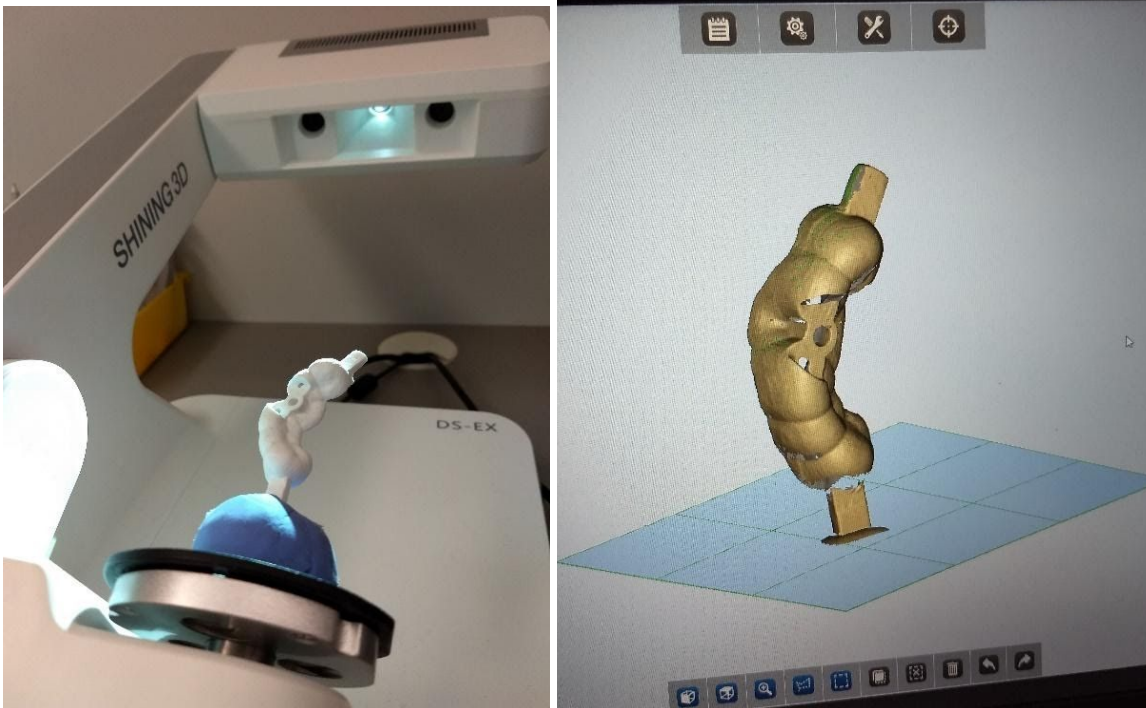
**Figura 9:** esquerda, *Software Worknc* com o planejamento dos guias cirúrgicos na bolacha de PP-Co; Fonte: O autor. **Figura 10:** A direita, Fresadora odontológica Tecnodrill®; Fonte: [www.tecnodrill.com](http://www.tecnodrill.com).

Após a fresagem dos guias (Figura 11) eles foram removidos das bolachas e passaram por um processo de acabamento e polimento, por conta das rebarbas remanescentes do material, de maneira sutil para evitar a alteração de forma das peças. (Figura 12)



**Figura 11:** A esquerda, guias cirúrgicos após o término da usinagem na fresadora; Fonte: O autor. **Figura 12:** A direita, guia cirúrgico antes e após acabamento; Fonte: O autor.

Após o acabamento os guias foram escaneados (Figura 13 e 14) de forma individual e o arquivo *STL* de cada um foi armazenado para posterior avaliação estatística destas entidades 3D através de ferramentas do *software CloudCompare® v 2.7*. Onde serão analisados de forma individual comparativa, tendo como referência a imagem do planejamento digital e a imagem do guia pós fresagem será sobreposto a ele para análise estatística.



**Figura 13:** A esquerda, guia cirúrgico sendo escaneado no Scanner *Shining 3D*® após fresagem; **Figura 14:** A direita, guia cirúrgico já escaneado; Fonte: O autor.

Os quatro guias passaram pelo processo físico de esterilização em autoclave que funciona por vapor saturado sob pressão, onde foram primeiramente limpos com escova e detergente enzimático, em seguida enxaguados com água corrente e secos com ar comprimido. EPI's (equipamento de proteção individual) foram utilizados, como luvas, touca e máscara descartáveis (Figura 15).

Os guias foram embalados e selados com o auxílio de seladora elétrica e de forma individual acondicionados em papel grau cirúrgico contendo marcadores de teste químico Classe 1 na própria embalagem, e dentro do pacote juntamente com o guia cirúrgico foi inserido o teste químico do tipo integrador (Classe 5) da marca 3M®, envolvidos em gaze para evitar molhamento. (Figura 16 e 17)



**Figura 15:** A esquerda, limpeza dos guias com escova e detergente enzimático; **Figura 16:** No centro, guias cirúrgicos e teste químico embalados e selados individualmente em papel grau cirúrgico; **Figura 17:** A direita, teste químico do tipo Integrador (Classe 5) 3M®; Fonte O autor.

Os quatro guias foram divididos em dupla para dois ciclos diferentes de temperatura, pressão e tempo, onde passaram pelo processo de esterilização na autoclave Vitale Class CD de 21 litros da Cristófoli®, utilizando 250 ml de água destilada em cada ciclo, como recomenda o fabricante. As informações dos ciclos estão descritas na tabela abaixo (Tabela 1), assim como os ciclos realizados em cada guia. (Tabela 2)

PROGRAMAS	TEMPO MÉDIO DE AQUECIMENTO	TEMPERATURA E PRESSÃO DE ESTERILIZAÇÃO	TEMPO DE ESTERILIZAÇÃO	TEMPO DE SECAGEM	
				12 LITROS	21 LITROS
1- Instrumental Embalado	10 a 40 min.	134 °C / 216 kPa (2,2 kgf/cm <sup>2</sup> )	10 min.	40 min.	50 min.
2- Instrumental Desembalado	10 a 40 min.	134 °C / 216 kPa (2,2 kgf/cm <sup>2</sup> )	6 min.	35 min.	45 min.
3- Plásticos e Algodão	8 a 40 min.	121 °C / 118 kPa (1,2 kgf/cm <sup>2</sup> )	30 min.	45 min.	55 min.
4- Kit Cirúrgico e Tecidos	8 a 40 min.	121 °C / 118 kPa (1,2 kgf/cm <sup>2</sup> )	30 min.	50 min.	60 min.
5- Líquidos	8 a 40 min.	121 °C / 118 kPa (1,2 kgf/cm <sup>2</sup> )	30 min.	-----	-----

**Tabela 1:** Descrição dos ciclos realizados pela autoclave Cristófoli®; Fonte: www.cristofoli.com.

	Programa realizado	Tempo médio de aquecimento	Temperatura e pressão	Tempo de esterilização	Tempo de secagem
<b>GUIA1-</b>	Plásticos e algodão	8 a 40 min.	121° 1,2kgf/cm <sup>2</sup>	30 min.	55 min.
<b>GUIA2-</b>	Plásticos e algodão	8 a 40 min.	121° 1,2kgf/cm <sup>2</sup>	30 min.	55 min.
<b>GUIA3+</b>	Instrumental embalado	10 a 40 min.	134° 2,2 kgf/cm <sup>2</sup>	10 min.	50 min.
<b>GUIA4+</b>	Instrumental embalado	10 a 40 min.	134° 2,2 kgf/cm <sup>2</sup>	10 min.	50 min.

**Tabela 2:** Descrição dos ciclos utilizados para a esterilização dos guias cirúrgicos; Fonte: O autor.

Finalizado o processo de esterilização na autoclave os quatro pacotes contendo os guias foram analisados externamente para averiguação positiva do teste químico Classe 1 e em seguida abertos para conferência da eficácia do teste químico Classe 5. Com a confirmação positiva dos dois testes, os guias foram então levados para o laboratório para serem re-escaneados e então a imagem capturada de cada guia foi sobreposta individualmente ao planejamento digital do guia, utilizando o *software CloudCompare v 2.7.*, onde teremos então o cálculo da comparação da imagem do planejamento digital em relação a imagem do guia pós esterilização.

Com as duas imagens (malhas) dispostas no *software*, elas foram inicialmente alinhadas de forma manual utilizando a ferramenta de rotação e translação observando os três eixos (X,Y,Z). Após este alinhamento prévio das malhas ambas foram selecionadas e foi utilizada a ferramenta para alinhamento refinado das imagens (*ICP*), resultando em uma sobreposição teórica de 100%, e então a partir deste alinhamento refinado as medidas das distâncias foram calculadas automaticamente e os resultados foram exportados na forma de histograma e curva de Gauss em escala de cores.

Abaixo podemos visualizar a imagem dos GC's após o processo de esterilização e remoção das hastes com auxílio de fresas para desgaste (Figura 18).



**Figura 18:** Guias cirúrgicos finalizados; Fonte: O autor.

### 3. RESULTADOS

A partir das análises estatísticas realizadas no *software CloudCompare® v 2.7*, obtivemos a representação dos resultados em forma de histograma, gráfico com curva de Gauss e imagem 3D com formato *STL*, todos exibindo a escala de cores para análise representativa de coincidência de pontos em relação ao guia do planejamento digital, de forma bem clara e representativa nas Figuras 19 a 22.

Nas imagens do Guia1- (Figura 19), guia que foi esterilizado a 121°C, obtivemos um guia com a predominância de cores verdes na pós fresagem e na imagem de pós esterilização tivemos alguns locais de coloração amarelada, apresentando uma redução nos tons verdes e mesclando com tons amarelados.

Nas imagens do Guia2- (Figura 20), guia que foi esterilizado a 121°C, também apresentou predominância de cores verdes na pós fresagem, porém a coincidência de pontos esverdeados permaneceu após a esterilização.

Nas imagens do Guia3+ (Figura 21), guia que foi esterilizado a 134°C, os tons verdes predominaram nas análises de pós fresagem, já nas análises de pós esterilização percebemos uma pequena redução dos pontos verdes que foram substituídos por amarelos. Note que modificamos a visualização da imagem desta guia, para mostrar onde foram os locais de maior concentração de pontos amarelos, na face externa da guia, local com menos importância em relação a distorções.

Nas imagens do Guia4+ (Figura 22), guia que foi esterilizado a 134°C, os tons verdes também são prevalentes na análise da guia pós fresagem, detalhe para a mudança na visualização da imagem do guia para mostrar os locais onde houveram pontos amarelados. Já na análise dos dados da guia pós esterilização houve uma substituição de parte dos pontos verdes pelos amarelos.

Nota-se que nos histogramas das análises de pós esterilização das guias 1-, 3+ e 4+ a frequência de pontos amarelos na pós esterilização foi semelhante, já na Guia2- a frequência de pontos amarelados foi menor. (Figuras 19 a 22)

Observando o ápice da moda da curva gaussiana de todas as oito análises, a média corresponde ao centro da curva, o que indica um padrão de curva normal, ou seja, resultados dentro do esperado. Já o desvio padrão de todas as análises pós fresagem se manteve entre 0 e +1, formando uma curva do tipo alta e estreita, com os dados aglomerados próximos a média. (Figuras 19 a 22)

Já na análise das curvas gaussianas de pós esterilização o padrão da curva também foi normal, com as médias coincidindo no centro da moda. Observe que à medida que o desvio padrão aumenta, a curva se torna mais baixa (eixo Y) e mais larga (eixo X)), indicando uma maior variância de dados, porém mantendo a acurácia. (Figuras 19 a 22)

Na Tabela 3 constam as análises de volume de cada malha individualmente na pós fresagem e o valor do guia do planejamento digital que serviu como referência para comparação. Na última coluna está descrito qual foi a diferença de volume em porcentagem comparando o guia digital do guia fresado.

Já na Tabela 4 estão discriminadas as análises volumétricas referente a pós esterilização dos dois diferentes ciclos realizados, assim como a diferença em porcentagem quando comparado o guia digital e os pós esterilizados.

Observe que a distorção volumétrica foi maior nas análises de pós fresagem em relação as análises de pós esterilização. (Tabelas 3 e 4)

Os valores do *RMS (Root mean square)* tiveram pouca variação, na pós fresagem de 0,23mm a 0,24mm já na pós esterilização de 0,23mm a 0,26mm, em relação a distância média entre pontos foi baixa e uniforme em todas as análises, de 0,02mm a 0,03mm na pós fresagem e pós esterilização. (Tabela 5)

Ainda nas mesmas tabelas temos uma distância máxima entre pontos variando entre 0,46mm a 0,66mm considerando as duas análises, e um erro máximo variando de 0,18mm a 0,23mm também nas duas análises. Os dados fornecidos de média ( $\mu$ ) variaram de 0,04mm a 0,06mm na pós fresagem e 0,06mm a 0,09mm na pós esterilização e o desvio padrão ( $\alpha$ ) foi de 0,08mm a 0,10mm tanto na pós fresagem quanto na pós esterilização. (Tabela 5)

Em relação aos valores escalares, obtivemos um valor mínimo de  $-0,41$  e valor máximo de  $0,88$ mm em ambas as análises. (Tabela 5)

GUIA1-: Pós fresagem

GUIA1-: Pós esterilização

**Figura 19:** Análises estatísticas geradas pelo *software CloudCompare*; Fonte: O autor.



GUIA2-: Pós fresagem

GUIA2-: Pós esterilização

**Figura 20:** Análises estatísticas geradas pelo *software CloudCompare*; Fonte: O autor.

GUIA3+: Pós fresagem

GUIA3+: Pós esterilização

**Figura 21:** Análises estatísticas geradas pelo *software CloudCompare*; Fonte: O autor.

GUIA4+: Pós fresagem

GUIA4+: Pós esterilização

**Figura 22:** Análises estatísticas geradas pelo *software CloudCompare*; Fonte: O autor.

Análise Volumétrica (unid. cúbicas) – Pós fresagem (PF)			
	Volume	Volume do GPD* Valor de ref.	Diferença em %**
GUIA1-	4255.6	4089.0	4.08%
GUIA2-	4203.3	4089.0	2.81%
GUIA3+	4239.7	4089.0	3.68%
GUIA4+	4241.9	4089.0	3.74%
<b>A média dos quatro guias obteve o valor de 3.57% em comparação ao valor de referência.</b>			

**Tabela 3:** Análises estatísticas obtidas através do *software CloudCompare v2.7.*

\*GPD: Guia do planejamento digital.

\*\*Diferença aproximada em porcentagem.

**Tabela 4:** Análises estatísticas obtidas através do *software CloudCompare v2.7.*

\*GPD: Guia do planejamento digital.

\*\*Diferença aproximada em porcentagem.

GUIA1-	RMS*	Distâncias aproximadas			Curva de Gauss		Valor escalar	
		Distância média	Distância máxima	Erro máximo	$\mu$ média	$\alpha$ desvio padrão	Mínimo	Máximo
Pós-fresagem	0.24mm	0.02mm	0.46mm	0.23mm	0.06mm	0.09mm	-0.41mm	0.54mm
Pós-esterilização	0.24mm	0.02mm	0.59mm	0.20mm	0.07mm	0.09mm	-0.47mm	0.53mm

GUIA2-	RMS*	Distâncias aproximadas			Curva de Gauss		Valor escalar	
		Distância média	Distância máxima	Erro máximo	$\mu$ média	$\alpha$ desvio padrão	Mínimo	Máximo
Pós-fresagem	0.23mm	0.02mm	0.53mm	0.19mm	0.04mm	0.08mm	-0.46mm	0.59mm
Pós-esterilização	0.23mm	0.02mm	0.52mm	0.18mm	0.06mm	0.08mm	-0.28mm	0.53mm

**Tabela 5:** Análises estatísticas obtidas através do *software CloudCompare v 2.7.*; \*RMS: *Root mean square*; Fonte: O autor;

4.

## DISCUSSÃO

A tecnologia *CAD/CAM* aliada as imagens *DICOM* adquiridas pela TCFC é o método mais confiável atualmente para o planejamento e execução dos guias cirúrgicos.<sup>10,17</sup> Porém, esta tecnologia ainda necessita alguns cuidados em relação aos diferentes sistemas utilizados e suas configurações, visando a minimização de erros para alcançar um resultado final mais satisfatório.<sup>40</sup>

Segundo consta na literatura, um estudo comparando cinco sistemas diferentes de *CAD/CAM* realizou o escaneamento com scanner extra oral de um preparo do dente 46, design de um *coping* e fresagem de 75 *copings* em PMMA, sendo que cada sistema realizou 5 *designs* e fresou o mesmo *coping* 3 vezes, totalizando 75 *copings*. Após análise da face interna dos *copings* perceberam que nenhum *coping* reproduziu fielmente os dados do planejamento do *CAD*, pois as configurações não estavam de acordo. E inclusive os 3 *copings*

que partiram do mesmo desenho no *CAD* não obtiveram a mesma fresagem. Portanto, concluíram que o processamento *CAD/CAM* interfere na qualidade de maneira imprevisível, diferindo dependendo do *CAM* utilizado e sofrendo influência por cada componente do sistema, ou seja, tanto o escaneamento quanto a fresagem podem sofrer alterações.<sup>40</sup> Já no presente estudo, verificamos que fisicamente os guias cirúrgicos apresentaram rebarbas do material ao final da usinagem, tanto na face externa quanto interna, mesmo sob fresagem com irrigação. Estas alterações de configuração entre o *CAD* e o *CAM* podem ter cooperado para a formação destes cavacos sobre as peças, por conta de uma variação de velocidade de fresagem e superaquecimento do CoPP com a escolha inadequada das fresas e brocas, comprometendo a usinagem fiel dos guias cirúrgicos.<sup>40</sup> Somado a isso, o fato da escolha da estratégia de fresagem ter sido feita a partir das propriedades do polímero PMMA, material polimérico disponível para confecção dos guias cirúrgicos fresados, possui propriedades diferentes do CoPP.<sup>41</sup> Sendo que estas hipóteses podem ter contribuído para a alteração volumétrica dos guias pós fresagem, na qual obtivemos um aumento médio de volume de 3,57% em relação ao planejamento do guia digital.

Apesar do PMMA fresado ser o material utilizado para a produção dos guias cirúrgicos, eles não podem ser submetidos a esterilização em autoclave por vapor úmido sob altas temperaturas (121°C ou 134°C), pois sofre alterações na sua estrutura quando submetido a temperaturas maiores que 100°C<sup>18,42</sup>. Este quesito é fator importante quando se trata de biossegurança durante o procedimento cirúrgico, pois o guia ser apenas submetido a imersão em clorexidina ou hipoclorito de sódio a biossegurança ficará comprometida, visto que estas duas substâncias realizam apenas desinfecção e não esterilização.<sup>16,43</sup>

Portanto os guias confeccionados para cirurgias de implantes dentários se classificam como artigos críticos, pois entram em contato com mucosa não íntegra e tecido ósseo, além de sangue e fluidos orais. Requerendo a um processo de esterilização, para eliminação de todos os microorganismos.<sup>16</sup> Contudo, pode se observar na tabela de propriedades do CoPP (Tabela 1), que o material polimérico sofre deflexão térmica a partir de 90°C quando submetido a uma pressão de 0,445 Mpa, convertendo em quilograma/força equivale a 4,6397 kgf/cm<sup>2</sup>, não se observando uma distorção muito significativa ao esterilizar o CoPP.

Realizamos dois ciclos diferentes de esterilização em autoclave (Tabela 3), um a 121°C com uma pressão de 1,2 kgf/cm<sup>2</sup> e outro a 134°C com uma pressão de 2,2 kgf/cm<sup>2</sup>, ou

seja, submetemos dois guias cirúrgicos em CoPP a uma temperatura 34,5% maior se levarmos em conta a transição 90°C para 121°C, assim como crescemos 34,5% a pressão exercida no processo de esterilização, onde teremos 1,61 kgf/cm<sup>2</sup>, e no outro ciclo com uma temperatura 48,9% mais alta, com a transição de 90°C para 134°C e uma pressão 48,9% maior equivalente a 3,2 kgf/cm<sup>2</sup>.

Podemos analisar com estes cálculos que mesmo o CoPP sendo submetido a uma temperatura maior que 90°C ele não sofreu uma pressão de 4,6397 kgf/cm<sup>2</sup> em nenhum dos ciclos de esterilização, nos levando a hipótese de que ele resiste a temperaturas maiores quando submetido a uma pressão mais baixa, como mostram os dados na Tabela 5, obtivemos menos de 1% de distorção volumétrica em três guias e em um dos guias tivemos uma distorção de 2,46%. Em comparação com os guias pós fresagem que obtiveram uma média de aumento de volume em torno de 3,57% (Tabela 4) em relação ao guia do planejamento digital observamos que a alteração volumétrica dos guias foi maior nos processos que envolveram o CAD/CAM do que no processo de esterilização dos guias cirúrgicos, que tivemos uma diferença volumétrica significativamente menor.

Além do processo de esterilização em autoclave por vapor úmido sob pressão a esterilização por peróxido de hidrogênio a baixa temperatura e baixa pressão é mais indicado quando necessita esterilizar um material termossensível, como afirmou Figl et al. (2012). Ele realizou a esterilização de um *splint* em acrílico utilizado para guiar uma cirurgia bucomaxilofacial e comparou através da análise de Hausdorff (análise de pontos) a diferença das medidas do *splint* antes e depois de ser submetido ao processo de esterilização por peróxido de hidrogênio com temperaturas máximas de 40°C a 45°C.<sup>44</sup>

Como a análise de pontos geram muitos *outliers* o autor desconsiderou 5% dos resultados mais extremos e obteve distâncias máximas entre pontos de 0,73mm considerando 95% dos dados obtidos, e concluiu que o *splint* não sofreu deformação. Trazendo a comparação destes dados para o nosso estudo, que também utilizou a análise de pontos para a análise estatística, consideramos 100% dos nossos resultados e obtivemos uma distância máxima na Guia3+ de 0,66mm na análise comparativa do guia do planejamento digital sobre a imagem do guia pós esterilização a 134°C em autoclave, sendo que nas demais guias as distâncias máximas foram menores.<sup>44</sup>

Se tivéssemos desconsiderado os 5% dos *outliers* teríamos um valor mais baixo de distância máxima entre pontos. Estas distâncias máximas representam o ponto mais distante entre a imagem que desejamos comparar em relação a imagem de referência, ou seja, quanto mais distantes forem estas distâncias menor coincidência de pontos eu tenho na amostra<sup>38,39</sup>.

Em relação a análise das imagens para a aquisição dos dados estatísticos, a literatura relata que o mapa de cores gerado no histograma, curva gaussiana e na imagem do guia identificam a coincidência dos pontos comparados, sendo que os tons esverdeados indicam pontos coincidentes encontrados, já os tons azulados e avermelhados indicam falta de coincidência dos pontos comparados. Ou seja, tons em azul estão do lado esquerdo e interpretamos como áreas de contração e os tons em vermelho estão do lado direito e interpretamos como áreas de expansão na curva de Gauss e no histograma.<sup>34,35,38</sup>

Em um estudo realizado com o intuito de comparar as distorções de impressão e fresagem de mock-ups em PMMA, também utilizou a análise estatística por meio de mapa de cores, onde visualmente puderam perceber as áreas de coincidência ou não de pontos<sup>45</sup>, além de realizar o teste T de *student* das 50 amostras para avaliar se a hipótese nula deve ou não ser rejeitada, porém no nosso estudo obtivemos poucas amostras, não sendo relevante realizar tal teste.

O mesmo método de análise por mapa de cores foi utilizado também em um estudo com o intuito de avaliar registro de mordida feito em cera e escaneado com câmera intra oral. Foi verificado a coincidência ou não do registro com a imagem *STL* dos dentes, onde as cores em verde significaram uma combinação perfeita entre os pontos comparados.<sup>37</sup>

Analisando os resultados obtidos (figuras 19 a 22) podemos perceber o grande número de pontos esverdeados que são coincidentes e a sua repetibilidade localizada no centro das curvas e no centro dos histogramas. Já os pontos avermelhados e azulados correspondem a mínima coincidência de pontos, sendo que sua frequência nas análises é extremamente baixa. Segundo Beaini (2015): “Embora não possa ser considerada uma análise quantitativa, a identificação da coincidência das cores supera a subjetividade de uma comparação qualitativa.”<sup>34,45</sup>

## 5. CONCLUSÃO



A partir dos resultados prévios pode-se observar:

- ✓ Maiores erros nos processos de escaneamento e fresagem em comparação ao processo de esterilização dos guias;
- ✓ Os guias cirúrgicos em CoPP resistiram ao processo de fresagem em fresadora odontológica de 5 eixos;
- ✓ Apresentaram baixa alteração volumétrica na análise da pós fresagem (<4% média) e na análise da pós esterilização três dos quatro guias cirúrgicos apresentam <1% de alteração volumétrica comparado ao guia pós fresagem;
- ✓ Na análise visual de colorimetria, os tons verdes predominaram nas amostras, tanto na pós fresagem quanto na pós esterilização, resultando em um guia cirúrgico com alta precisão e pouca variância;
- ✓ Concluimos que o Polipropileno é um polímero que resistente ao processo de usinagem e tem a capacidade de reproduzir o planejamento em 3D, além de proporcionar baixa distorção quando submetido a altas temperaturas;

Realizando um objetivo importante da nossa pesquisa, que tem como intuito proporcionar aos Implantodontistas, redução de custos, comodidade e segurança para o procedimento cirúrgico, esterilizando os seus guias cirúrgicos em autoclave de uso comum no consultório odontológico sem perder a precisão do planejamento.

Julgamos ser relevante dar continuidade aos estudos em relação ao Polipropileno, realizando a fresagem e esterilização com amostras maiores, além de realizar cirurgia de implantes dentários *in vitro* para analisar o grau de desvio do parafuso ao utilizar uma guia em Polipropileno.

## 6. REFERÊNCIAS

1. Brånemark PI. et al. **Osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. Experience from a 10-year period.** Scand J Plast Reconstr Surg Suppl. 1977;16:1-132.
2. Albrektsson T, Brånemark PI, Hansson HA, Lindström J. **Osseointegrated titanium implants. Requirements for ensuring a long-lasting, direct bone-to-implant anchorage in man.** Acta Orthop Scand. 1981;52(2):155-70.

3. Adell, R. et al. **A 15 year study of osseointegrated implants in the treatment of edentulous jaw.** Int J Oral surg, Copenhagen, v.10, n.6, p.387-416, Dec. 1981.
4. Edge MJ. **Surgical placement guide for use with osseointegrated implants.** J Prosthet Dent. 1987 Jun;57(6):719-22.
5. Sarment DP, Sukovic P, Clinthorne N. **Accuracy of implant placement with a stereolithographic surgical guide.** Int J Oral Maxillofac Implants.2003 Jul-Aug;18(4):571-7
6. Kupeyan HK, Shaffner M, Armstrong J. **Definitive CAD/CAM-guided prosthesis for immediate loading of bone-grafted maxilla: a case report.** Clin Implant Dent Relat Res. 2006;8(3):161-7.
7. Sherry JS, Sims LO, Balshi SF. **A simple technique for immediate placement of definitive engaging custom abutments using computerized tomography and flapless guided surgery.** Quintessence Int. 2007 Oct;38(9):755-62.
8. Meloni SM, De Riu G, Pisano M, Cattina G, Tullio A. **Implant treatment software planning and guided flapless surgery with immediate provisional prosthesis delivery in the fully edentulous maxilla. A retrospective analysis of 15 consecutively treated patients.** Eur J Oral Implantol. 2010 Autumn;3(3):245-51.
9. Greenberg AM. **Advanced dental implant placement techniques.** J Istanbul Univ Fac Dent. 2017 Dec 2;51(3 Suppl 1):S76-S89.
10. Giordano M, Ausiello P, Martorelli M, Sorrentino R. **Reliability of computer designed surgical guides in six implant rehabilitations with two years follow-up.** Dent Mater. 2012 Sep;28(9):e168-77.
11. Ganz SD. **Presurgical planning with CT-derived fabrication of surgical guides.** J Oral Maxillofac Surg. 2005 Sep;63(9 Suppl 2):59-71.
12. Zhang ZC, Li PL, Chu FT, Shen G. **Influence of the three-dimensional printing technique and printing layer thickness on model accuracy.** J Orofac Orthop. 2019 Jul;80(4):194-204.
13. Park JM. et al. **Comparison of five-axis milling and rapid prototyping for implant surgical templates.** Int J Oral Maxillofac Implants. 2014 Mar-Apr;29(2):374-83.

14. Farley NE, Kennedy K, McGlumphy EA, Clelland NL. **Split-mouth comparison of the accuracy of computer-generated and conventional surgical guides.** *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2013 Mar-Apr;28(2):563-72.
15. Hoffmann J, Westendorff C, Gomez-Roman G, Reinert S. **Accuracy of navigation-guided socket drilling before implant installation compared to the conventional free-hand method in a synthetic edentulous lower jaw model.** *Clin Oral Implants Res.* 2005 Oct;16(5):609-14.
16. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Serviços Odontológicos: Prevenção e Controle de Riscos / Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária.** – Brasília: Ministério da Saúde, 2006.
17. Whitley D. et al. **In-office fabrication of dental implant surgical guides using desktop stereolithographic printing and implant treatment planning software: A clinical report.** *J Prosthet Dent.* 2017 Sep;118(3):256-263.
18. Munker T. et al. **Effects of sterilization on the mechanical properties of poly(methylmethacrylate) based personalized medical devices.** *J Mech Behav Biomed Mater.* 2018 May;81:168-172.
19. Kawana S. et al. **Reconstruction of Anterior Chest Wall with Polypropylene Mesh: Two Primary Sternal Chondrosarcoma Cases.** *Acta Med Okayama.* 2017 Jun;71(3):259-262.
20. Cano-Valderrama O. et al. **Is Onlay Polypropylene Mesh Repair an Available Option for Incisional Hernia Repair? A Retrospective Cohort Study.** *Am Surg.* 2019 Feb 1;85(2):183-187.
21. Nodzo SR, Rachala SR. **Polypropylene mesh augmentation for complete quadriceps rupture after total knee arthroplasty.** *Knee.* 2016 Jan;23(1):177-80.
22. Sharma P. **Polypropylene Darning: A New Alternative for Reconstruction of Orbital Floor after Total Maxillectomy.** *Indian J Surg Oncol.* 2015 Jun;6(2):140-3.
23. Alkhalil M, Joshi Otero J. **Orbital reconstruction with a partially absorbable mesh (monofilament polypropylene fibre and monofilament poliglecaprone-25): Our experience with 34 patients.** *Saudi J Ophthalmol.* 2016 Jul-Sep;30(3):169-174.
24. Pedron IG, Bispo LB, Salomão M. **Selective polypropylene membrane: alveolar behavior in post-extraction repair with a view to the future installation of osseointegrated implants.** *Italian Journal of Dental Medicine* vol. 3/2-2018.

25. Krevelen DWV, Nijenhuis KT. **Properties of Polymers - Their correlation with chemical structure; Their numerical estimation and prediction from additive group contributions.** 9ª edição, Elsevier 2009.
26. Kief HB, Roschiwal HA. **CNC Handbook**, Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG - München, Germany 2011.
27. Stapleton BM, Lin WS, Ntounis A, Harris BT, Morton D. **Application of digital diagnostic impression, virtual planning, and computer-guided implant surgery for a CAD/CAM-fabricated, implant-supported fixed dental prosthesis: a clinical report.** J Prosthet Dent. 2014 Sep;112(3):402-8.
28. Farley NE, Kennedy K, McGlumphy EA, Clelland NL. **Split-mouth comparison of the accuracy of computer-generated and conventional surgical guides.** Int J Oral Maxillofac Implants. 2013 Mar-Apr;28(2):563-72.
29. Giordano M, Ausiello P, Martorelli M, Sorrentino R. **Reliability of computer designed surgical guides in six implant rehabilitations with two years follow-up.** Dent Mater. 2012 Sep;28(9):e168-77.
30. Jancar, Josef & Tochacek, Jiri. **Effect of thermal history on the mechanical properties of three polypropylene impact-copolymers.** Polymer Degradation and Stability, Volume 96, Issue 9, September 2011, Pages 1546-1556, 2011.
31. Hongjun, Cai et al. **Structure and properties of impact copolymer polypropylene. I. Chain structure.** Journal of Applied Polymer Science, 1999.
32. Cyrus T.M. **Finite Element Model and Validation of Nasal Tip Deformation.** Annals of Biomedical Engineering Society, 2016.
33. Ahmad Fuad N. et al. **Comparing the Performance of Point Cloud Registration Methods for Landslide Monitoring Using Mobile Laser Scanning Data.** ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLII-4/W9, 2018, pp.11-21.
34. Beaini TL, Duailibi-Neto EF, Chilvarquer I, Melani RF. **Human identification through frontal sinus 3D superimposition: Pilot study with Cone Beam Computer Tomography.** J Forensic Leg Med. 2015 Nov;36:63-9.
35. Clini P. et al. **SFM technique and focus stacking for digital documentation of archaeological artifacts.** The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing

and Spatial Information Sciences, Volume XLI-B5, 2016 XXIII ISPRS Congress, 12–19 July 2016, Prague, Czech Republic.

36. Marotti J. et al. **Impression of Subgingival Dental Preparation Can Be Taken with Ultrasound.** *Ultrasound in Medicine & Biology* - Volume 45, Issue 2, February 2019, Pages 558-567.
37. Fournier G. et al. **Three-dimensional analysis of bitemarks using an intraoral scanner.** *Forensic Science International* 301 (2019) 1–5.
38. Rahman I.A. et al. **Applications of three-dimensional box modeling to paleontological functional analysis.** *The Paleontological Society Papers*, 22, 2017, p. 119–132.
39. Orentlicher, G., D. Goldsmith, and M. Abboud, **Computer-guided planning and placement of dental implants.** *Atlas Oral Maxillofac Surg Clin North Am*, 2012. 20(1): p. 53.
40. Buduru S, Culic B, Talmaceanu D, Pal A. **A comparative study of the accuracy of five CAD-CAM systems.** *Med Pharm Rep.* 2019 Apr;92(2):185-191.
41. Srinivasan M. et al. **CAD/CAM milled complete removable dental prostheses: An in vitro evaluation of biocompatibility, mechanical properties, and surface roughness.** *Dent Mater J.* 2018 Jul 29;37(4):526-533.
42. Umar Ali, Khairil Juhanni Bt. Abd Karim & Nor Aziah Buang. **A Review of the Properties and Applications of Poly (Methyl Methacrylate) (PMMA).** *Polymer Reviews*, 55:4, 678-705, 2015.
43. Al-Saadi MH. **Effectiveness of Chemical and Microwave Disinfection on Denture Biofilm Fungi and the Influence of Disinfection on Denture Base Adaptation.** *J Indian Prosthodont Soc.* 2014 Dec;14(Suppl 1):24-30.
44. Figl M. et al. **Splint sterilization--a potential registration hazard in computer-assisted surgery.** *J Oral Maxillofac Surg.* 2012
45. Cattoni F. et al. **Milled versus moulded mock-ups based on the superimposition of 3D meshes from digital oral impressions: a comparative in vitro study in the aesthetic area.** *BMC Oral Health.* 2019 Oct 29;19(1):230.

