

**UNIVERSIDADE DO GRANDE RIO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA**

**INFLUÊNCIA DA MACROGEOMETRIA DOS IMPLANTES DENTÁRIOS NA  
ACURÁCIA DA CIRURGIA GUIADA: UM ESTUDO *IN VITRO***

**DISSERTAÇÃO**

**CAROLINE ÁGUEDA CORRÊA**

**2022**

UNIVERSIDADE DO GRANDE RIO EM CAIXA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA

CAROLINE ÁGUEDA CORRÊA

Dissertação

Orientador(a):  
Prof. Dr. Plinio Mendes Senna

2022

ESPAÇO RESERVADO PARA FICHA CATALOGRÁFICA

# **INFLUÊNCIA DA MACROGEOMETRIA DOS IMPLANTES DENTÁRIOS NA ACURÁCIA DA CIRURGIA GUIADA: UM ESTUDO *IN VITRO***

CAROLINE ÁGUEDA CORRÊA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia, da Universidade do Grande Rio (UNIGRANRIO), como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Mestre em Odontologia (Área de Concentração: Implantodontia).

Aprovada em 01 de agosto de 2022.

Banca examinadora

---

Prof. Dr. Plinio Mendes Senna  
UNIGRANRIO – Universidade do Grande Rio

---

Prof. Dr. Victor Talarico Vieira  
UNIGRANRIO – Universidade do Grande Rio

---

Prof. Dr. Rafael Coutinho de Melo Machado  
UNIG – Universidade de Nova Iguaçu

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho ao meu pai e minha mãe, que ao longo dos anos me ensinaram que o amor é o que dá verdadeiramente sentido à vida.

## AGRADECIMENTOS

---

A Deus, pela minha vida.

Aos meus pais, Antonieta Águeda e João Carlos, pelo seu apoio e amor incondicional.

Ao meu irmão, Raphael Corrêa, pelo seu carinho e amizade desde a nossa infância.

Ao meu namorado, Lucas Figueiredo, pelo seu amor e companherismo em todos os obstáculos que cruzamos juntos.

Ao meu orientador Plínio Mendes Senna, pelo dinamismo, além do auxílio e participação na elaboração e execução deste trabalho.

Aos docentes do programa de pós-graduação da Universidade do Grande Rio, que participaram de minha formação; Flávio Alves, Fabiano Heggendorn, Henrique Antunes, Isabela Siqueira, Jose Siqueira Junior, Rodrigo Pereira, Sabrina Brasil, Sara Piperni, Victor Talarico Vieira e demais professores; por todo o conhecimento adquirido e assistência.

Aos Professores e Cirurgiões singulares que encontrei em meu caminho: Jonathan Ribeiro, Sydney Mandarino, Ricardo Mattos, Jônatas Esteves e Alexandre Maurity, por todo o conhecimento e inspiração.

Nós somos o que fazemos repetidamente. Excelência,  
portanto, não é um ato, mas um hábito.

Aristóteles

## ÍNDICE

---

1. INTRODUÇÃO .....	01
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	02
3. JUSTIFICATIVA .....	05
4. OBJETIVOS.....	06
5. MATERIAIS E MÉTODOS .....	06
6. RESULTADOS .....	13
7. DISCUSSÃO .....	14
8. CONCLUSÃO .....	16
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	17

## RESUMO

---

**Objetivo(s).** Realizar um estudo *in vitro* para avaliar a precisão da cirurgia guiada em implantodontia (CGI) com a instalação de implantes de diferentes macrogeometrias em espumas de poliuretano simulando osso em diferentes densidades. **Materiais e métodos.** Foi realizado o planejamento virtual guiado em implantodontia com impressão de guia para instalação dos implantes em um modelo mestre. 36 implantes de 3 macrogeometrias: cilíndrico, cônico, cônico modificado foram instalados ao todo divididos nos grupos de diferente densidade óssea PCF 10 e PCF 20. **Resultados.** Não foi verificada influência ( $p > 0,05$ ) da macrogeometria dos implantes dentários no posicionamento dos implantes. A densidade não influenciou ( $p > 0,05$ ) o posicionamento e angulação dos implantes em todas as macrogeometrias. **Conclusão.** As diferentes macrogeometrias e densidades ósseas parecem não influenciar na precisão da CGI, de acordo com os resultados obtidos. No entanto, os resultados indicam que a CGI é altamente recomendada do ponto de vista protético, em razão da precisão satisfatória da técnica.

**Palavras-chave:** Implantes dentários, Osseointegração, Procedimentos cirúrgicos bucais, Tomografia.

## ABSTRACT

---

**Aim(s).** Perform an *in vitro* study to evaluate the guided implant surgery (GIS) accuracy through the implants of different macrogeometries installation in polyurethane foams pretending bone in different densities. **Materials and Methods.** Guided implant surgery virtual planning was performed and guide has been printed for implants installation in a master model. 36 implants of 3 macrogeometries: cylindrical, conical, modified conical were installed, divided into groups of different bone density PCF 10 and PCF 20. **Results.** There was no influence ( $p > 0.05$ ) of the macrogeometry of the dental implants on the positioning of the implants. Density did not influence ( $p > 0.05$ ) implant positioning and angulation in all macrogeometries. **Conclusion(s).** The different macrogeometries and bone densities do not seem to influence the accuracy of the CGI, according to the results. However, the outcomes indicate that CGI is highly recommended from a prosthetic point of view, due to the satisfactory precision of the technique.

**Keywords:** Dental implants, Osseointegration, Oral Surgical Procedures.

## LISTA DE FIGURAS

---

Figura 1.	Modelo mestre.....	7
Figura 2.	modelo mestre em SLA, bloco de poliuretano adaptado ao modelo e guia cirúrgico.....	8
Figura 3.	Laser de orientação coronal e sagital do tomógrafo.....	9
Figura 4.	<i>Software ICAT VisionQ</i> para aquisição da imagem tomográfica.....	9
Figura 5.	Alinhamento de superfície por pontos no software <i>Blue Sky Plan 4.7®</i> .....	10
Figura 6.	Arquivo DICOM do modelo laboratorial com implantes instalados sobreposto ao STL do planejamento virtual inicial.....	11
Figura 7.	Sobreposição do planejamento inicial sobreposto ao modelo laboratorial em cortes coronais.....	11
Figura 8.	Esquema demonstrando os parâmetros avaliados.....	12
Figura 9.	Desvio angular dos implantes instalados em espuma de poliuretano PCF 10 e 20	13
Figura 10.	Varição de posicionamento do ápice dos implantes instalados em espuma de poliuretano PCF 10 e 20.....	14
Figura 11.	Varição de posicionamento da plataforma dos implantes instalados em espuma de poliuretano PCF 10 e 20.....	14

## LISTA DE TABELAS

---

Tabela 1.	Valores do desvio angular e variação de posicionamento dos diferentes implantes instalados na espuma de poliuretano PCF 10.....	13
Tabela 2.	Valores do desvio angular e variação de posicionamento dos diferentes implantes instalados na espuma de poliuretano PCF 20.....	13

## LISTA DE ABREVIATURAS, SÍMBOLOS E SIGLAS

---

CGI	Cirurgia Guiada em Implantodontia
TCCB	Tomografia Computadorizada Cone Beam
CAD	<i>Computer-aided-design</i>
CAM	<i>Computer-assisted-manufacturing</i>
PCF	<i>Pound per cubic foot</i>
STL	<i>standard tessellation language</i>
SLA	Estereolitografia

# 1 INTRODUÇÃO

O planejamento reverso digital em conjunto com as técnicas de cirurgia guiada na Implantodontia (CGI) permite uma maior segurança e acurácia na instalação dos implantes dentários (YEUNG *et al.*, 2020). Através desses recursos, é possível determinar a posição e angulação ideal dos implantes em relação a prótese dentária, o que garante uma biomecânica mais favorável e maior longevidade da. Além disso, garante instalar os implantes no posicionamento tridimensional ideal no tecido ósseo, considerando a altura e espessura disponíveis, e a presença de estruturas anatômicas adjacentes (MUKAI *et al.*, 2021).

Com o advento de softwares de planejamento digital foi possível sobrepor os modelos das arcadas dentárias sobre imagens da Tomografia Computadorizada Cone Beam (TCCB). Assim as informações protéticas norteiam o posicionamento digital dos implantes (BLOCK *et al.*, 2017; YEUNG *et al.*, 2020). Neste fluxo de trabalho, a transferência de informações do posicionamento planejado virtualmente para o ato cirúrgico é feito através de um guia cirúrgico, o qual é produzido por impressão 3D a partir do projeto digital (DE VICO *et al.*, 2016).

Os guias impressos recebem anilhas metálicas para oferecer maior precisão; entretanto, a folga interna nas anilhas, para permitir a rotação das brocas com mínimo atrito, faz com que seja esperado algum desvio coronal, apical e angular do implante (LIANG *et al.*, 2019). Desvios totais dos implantes utilizando guias impressos e anilhas foram previamente avaliados com cirurgias em modelos *in vitro*, obtendo resultados de  $0.02 \pm 0.13$  mm para mesial,  $0.07 \pm 0.14$  mm para distal,  $0.43 \pm 0.57$  mm para vestibular, e  $1.26 \pm 0.80$  mm para lingual (YEUNG *et al.*, 2020). Em uma meta-análise foi observado desvio de 1,25mm no ponto de entrada do implante, 1,57mm no ápice do implante, além de desvio angular de  $4,1^\circ$  (ZHOU *et al.*, 2018). Além disso, a precisão do posicionamento dos implantes pode ser afetada também pela densidade óssea do sítio cirúrgico. (RAICO GALLARDO *et al.*, 2017).

A avaliação de acurácia dos implantes instalados em CGI pode ser *in vivo* ou *in vitro*, através da instalação em: blocos de poliuretano, cadáveres e modelos de resina. Os estudos *in vitro* em relação aos *in vivo* tem a vantagem de realizar um maior controle das variáveis, evitando erros que possam interferir em seus resultados. (BOVER-RAMOS *et al.*, 2018; COMUZZI; TUMEDEI *et al.*, 2020) As diferentes formas de testagem *in vitro* permitem ao pesquisador realizar mensurações de análises

experimentais em um substrato estruturalmente semelhante aos ossos maxilares, sem envolver questões éticas pertinentes aos estudos *in vivo* (COMUZZI *et al.*, 2020).

Dentro do processo da osseointegração, condição *sine qua non* para o sucesso da terapia com implantes dentários, a interação biológica do titânio somada a estabilidade primária vai permitir a angiogênese e remodelamento ósseo ao redor dos implantes dentários (CARLSSON *et al.*, 1986). Por isso, diferentes macrogeometrias estão disponíveis no mercado, com o objetivo de alcançar estabilidade primária mesmo em locais de baixa densidade óssea (COMUZZI *et al.*, 2020; DEGERLIYURT *et al.*, 2010). Estabilidade primária superior foi vista na instalação de implantes cônicos comparado aos cilíndricos em densidades ósseas tipo III e IV, através da compressão a nível do osso cortical (GLAUSER *et al.*, 2004). Porém, a literatura científica atual ainda carece de informação acerca da macrogeometria, o perfil de rosca dos implantes dentários e como a qualidade óssea podem influenciar o resultado da técnica de cirurgia guiada.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Implantes dentários**

Após a instalação dos implantes dentários no tecido ósseo se inicia o processo de osseointegração, este é dependente de uma relação favorável entre a reabsorção e neoformação óssea. Clínica e radiograficamente podemos considerar o sucesso da osseointegração quando: ausente queixas álgicas e radiolucidez periimplantar, perda óssea vertical menor que 1,0 mm no primeiro ano e menor que 0,2 mm ao ano nos anos subsequentes.(CARLSSON *et al.*, 1986)

A estabilidade primária é um requisito para o sucesso da osseointegração, por isso, vem sendo desenvolvidos novos desenhos de implantes osseointegráveis que possam garantir uma estabilidade primária mesmo em locais de baixa densidade.(COMUZZI *et al.*, 2020) Estabilidade primária superior foi vista na instalação de implantes cônicos comparado aos cilíndricos em densidades ósseas tipo III e IV, através da compressão a nível do osso cortical (GLAUSER *et al.*, 2004). De outra forma, implantes cilíndricos de ápice cônico apresentam torque de instalação

superiores quando comparados aos implantes cônicos por conta da maior interação com o tecido ósseo na região apical.(DEGERLIYURT *et al.*, 2010)

Na literatura científica atual ainda não foi demonstrado que a macrogeometria, o perfil de rosca dos implantes dentários e a qualidade óssea podem influenciar o resultado da técnica de cirurgia guiada.

## 2.2 Macrogeometria do implante

Alterações estruturais na superfície de um implante podem ser realizadas em um nível nano, micro ou macro. Esta variabilidade se deve ao contexto atual, com a busca pelo sucesso e longevidade com o tratamento por implantes. Desta maneira, diferenças na estrutura foram introduzidas visando otimizar o contato osso-implante, ancoragem, distribuição de forças e a ósseo-integração. (LEOCÁDIO *et al.*, 2020)

Historicamente os implantes cilíndricos, de paredes paralelas, precederam as demais macro-geometrias. Com a necessidade de otimizar os resultados estéticos e funcionais surgiram outros designs visando atender diferentes aplicações clínicas.(GLAUSER *et al.*, 2004)

Os implantes cônicos melhoram a compactação óssea e distribuição de forças ao longo de seu corpo, se adaptando aos rebordos alveolares de diâmetro reduzido (VALENTE *et al.*, 2016). Leocádio *et al.* (2020) em um estudo *in vivo*, realizou a instalação de implantes cilíndricos e cônicos em tíbias de coelho. Em um período experimental de 8 semanas o implante cônico apresentou um maior percentual de contato osso-implante, no entanto, os implantes cilíndricos apresentaram maior torque de remoção. (LEOCÁDIO *et al.*, 2020)

Em outro estudo *in vivo*, realizado em mandíbulas de cães *Beagles*, foram instalados implantes cilíndricos e cônicos para avaliar a interferência da macrogeometria na técnica de regeneração óssea guiada. Foram simulados defeitos ósseos vestibulares com colocação de enxerto particulado aloplástico e membrana. Uma maior regeneração vestibular e maior contato osso-implante, em uma análise histomorfométrica, foram vistos em implantes cônicos após 3 meses da instalação.(FERNÁNDEZ-DOMÍNGUEZ *et al.*, 2019)

Na literatura encontram-se discussões acerca da estabilidade primária alcançada em diferentes geometrias. Dentre as principais análises utilizadas para avaliar a estabilidade primária de um implante estão o torque de inserção, torque de

remoção e o *implant stability quotient (ISQ)*. Comuzzi *et al.* (2020) em um estudo in vitro, mostraram que os implantes cônicos apresentaram uma maior estabilidade em blocos de poliuretano de baixa densidade em relação aos implantes cilíndricos.

Modificações também são propostas ao longo da superfície externa permitindo um preparo do leito do implante com uma broca de diâmetro reduzido. A extensão de ranhuras pré-existentes de implantes cônicos e cilíndricos até o nível da plataforma protética, mostraram uma boa estabilidade em comparação aos convencionais sem diferenças estatísticas entre as diferentes geometrias. (VALENTE *et al.*, 2016)

Estudos têm investigado o efeito do design do implante ao índice de sucesso da terapia. A prevenção da perda óssea peri-implantar tem se tornado uma preocupação crescente. Na tentativa de minimizar sua ocorrência, cada vez mais pesquisam-se alterações estruturais, como o tratamento de superfície (sandblast, acid etch, hydroxyapatite coating) e diferentes macrogeometrias, que possam minimizar os efeitos da perda óssea à longo prazo (SARGOLZAIE *et al.*, 2017).

Sargolzaie *et al.* (2017) avaliaram implantes cônicos e cilíndricos randomicamente separados em 12 homens sem comprometimentos médicos prévios, após 6 meses de acompanhamento foi realizado o índice de inserção clínico e sangramento à sondagem. Os implantes cilíndricos tiveram parâmetros clinicamente maiores mas os resultados não alcançaram diferença significativa (SARGOLZAIE *et al.*, 2017).

### 2.3 Cirurgia Guiada em Implantodontia

A combinação de modelos escaneados ou escaneamento intraoral, TCCB, software de planejamento de CGI e máquinas de impressão 3D, podem oferecer um fluxo de trabalho digital muito completo para guiar a instalação de implantes. Essas técnicas são cada vez mais usadas e futuramente serão rotina da prática clínica.(NGAMPRASERTKIT *et al.*, 2021)

A cirurgia guiada pode atualmente ser dividida em sistemas estáticos e dinâmicos. Um sistema estático transfere a posição do implante planejada virtualmente através de um guia impresso, enquanto os sistemas dinâmicos se comunicam por uma tecnologia de navegação guiada pelo computador. Nos sistemas dinâmicos os operadores podem alterar a angulação da perfuração e posição em tempo real. Atualmente os sistemas estáticos são mais bem utilizados por conta de

sua simplicidade e baixo custo em relação as cirurgias com navegação em tempo real.(NGAMPRASERTKIT *et al.*, 2021) O sistema estático foi utilizado no desenvolvimento dessa pesquisa.

Bons resultados do ponto de vista protético são essenciais para um posicionamento e angulação adequadas dos implantes. As próteses podem ser comprometidas esteticamente, ou até levando a dissipação de forças oclusais desfavoráveis transmitidas ao implante. Além disso, problemas na angulação dos implantes podem repercutir em complicações cirúrgicas, como a perfuração da cortical lingual ou lesão ao feixe vaso-nervoso alveolar inferior. (DE VICO *et al.*, 2016)

A CGI pode ser considerada uma grande aliada principalmente em casos de implantes múltiplos em pacientes edêntulos ou sítios parcialmente edêntulos. (CHOI *et al.*, 2017) O planejamento virtual utiliza-se de um protocolo baseado em mapeamento de superfície, possibilitando que o escaneamento do modelo possa ser combinado, através de 4 a 5 pontos, com os pontos anatômicos correspondentes no da TCCB. A partir deste arquivo dedicado pode ser instalado um implante virtualmente, seguindo os pré-requisitos que o profissional planeja para o caso, podendo até escolher antecipadamente o uso de componentes retos ou angulados. (DE VICO *et al.*, 2016).

Uma maior previsibilidade e acurácia durante a instalação dos implantes é possível através do sistema *computer-aided-design* e *computer-assisted-manufacturing* (CAD/CAM). Um guia cirúrgico é desenhado virtualmente usando um software de planejamento virtual, seu objetivo é, uma vez que adaptado levar informações precisas do posicionamento dos implantes.(JOHANSSON *et al.*, 2021) O arquivo digital é salvo em um formato *standard tessellation language* (STL) e posteriormente impresso em 3D e levado ao ato cirúrgico. (HERSCHDORFER *et al.*, 2020)

### **3 JUSTIFICATIVA**

Ausência de estudos prévios que avaliem a relação entre a macrogeometria e o perfil de roscas dos implantes com a CGI *in vitro*, além da relação da precisão e acurácia com a densidade óssea do local de instalação dos implantes.

## 4 OBJETIVOS

### 4.1 Objetivos Gerais

O objetivo deste estudo foi avaliar a precisão da CGI com a utilização de implantes de diferentes macrogeometrias; cilíndrico, cônico e cônico modificado; em espumas de poliuretano de diferentes densidades; PCF 10 e PCF 20.

### 4.2 Objetivos específicos:

- Quantificar os desvios coronal, apical e angular dos implantes instalados *in vitro* em relação ao planejamento virtual nos dois grupos.

Comparar os desvios entre diferentes macrogeometrias : cilíndrica 4,0 x 11,5 mm (*Titamax*<sup>®</sup>; Neodent, Curitiba, PR, Brasil), cônica 4,3 x 11,5 mm (*Alvim CM*<sup>®</sup>; Neodent), e cônico modificado 4.3 x 11,5 mm (*Flash*<sup>®</sup>; Conexão, São Paulo, Brasil).

- Comparar o desvio em diferentes densidades de espumas de poliuretano PCF 10 (0,16 g/cm<sup>3</sup>) e PCF 20 (0,32 g/cm<sup>3</sup>).

## 5 MATERIAIS E MÉTODOS

Foi executado um estudo *in vitro* para avaliação de acurácia do posicionamento de implantes em CGI de diferentes macrogeometrias em densidades utilizando blocos de espuma de poliuretano. Para isto, um modelo mestre foi preparado em resina a partir de uma maxila com os elementos dentários 14, 15, 16, 24, 25 e 26 ausentes. Nas regiões desdentadas, foi preparada uma loja 10 x 20 x 15, bilateralmente, para receber as espumas de poliuretano (Figura 1), garantindo que os guias cirúrgicos adaptassem sempre sobre o mesmo modelo. Também foram incluídos no modelo 6 marcadores de posição para preenchimento com resina composta (Resina Llis, FGM, Joinville, SC), com o objetivo de facilitar na fase final a sobreposição com o planejamento inicial.



Figura 1 – Modelo mestre visão frontal à esquerda e visão lateral à direita.

Dez blocos de espuma de poliuretano (Sawbones, WA, EUA) com densidades de 10 PCF (0,16 g/cm<sup>3</sup>) e dez com densidade 20 PCF (0,32 g/cm<sup>3</sup>), grupo 10 PCF e grupo 20 PCF respectivamente, foram cortados e adaptados manualmente para adaptar no modelo. Antes da simulação do procedimento cirúrgico, os blocos foram fixados ao modelo mestre com cola a base de silicone (Tramontina, Belém, Pará), permitindo sua remoção sem danificar a estrutura do modelo. Assim, um único modelo e guia cirúrgico foi utilizado para todos os implantes instalados.

### 3.1 Fase do planejamento virtual

Este modelo mestre foi digitalizado (Omnicam, Cerec, Sirona-Dentsply) para que o posicionamento dos implantes pudesse ser planejado utilizando um *software* especializado em CGI (Blue Sky Plan 4.7<sup>®</sup>). Três implantes foram posicionados em cada hemi-arco, considerando as macrogeometrias cilíndrica 4,0 x 11,5 mm (*Titamax*<sup>®</sup>; Neodent, Curitiba, PR, Brasil), cônica 4,3 x 11,5 mm (*Alvim*<sup>®</sup>; Neodent), ou cônico modificado 4,3 x 11,5 mm (*Flash*<sup>®</sup>; Conexão, São Paulo, Brasil).

O guia cirúrgico foi projetado sobre todos os dentes remanescentes considerando um alívio interno de 0,2 mm. Ao final do *workflow* foi obtido um CAD do guia cirúrgico exportado em STL e posteriormente impresso em Estereolitografia (SLA) (Formlabs 2). O arquivo do planejamento com o posicionamento final dos implantes com 6 marcadores de posição, também foi exportado e salvo em STL para posteriormente realizar a sobreposição da imagem DICOM da fase laboratorial na fase final (Figura 2).

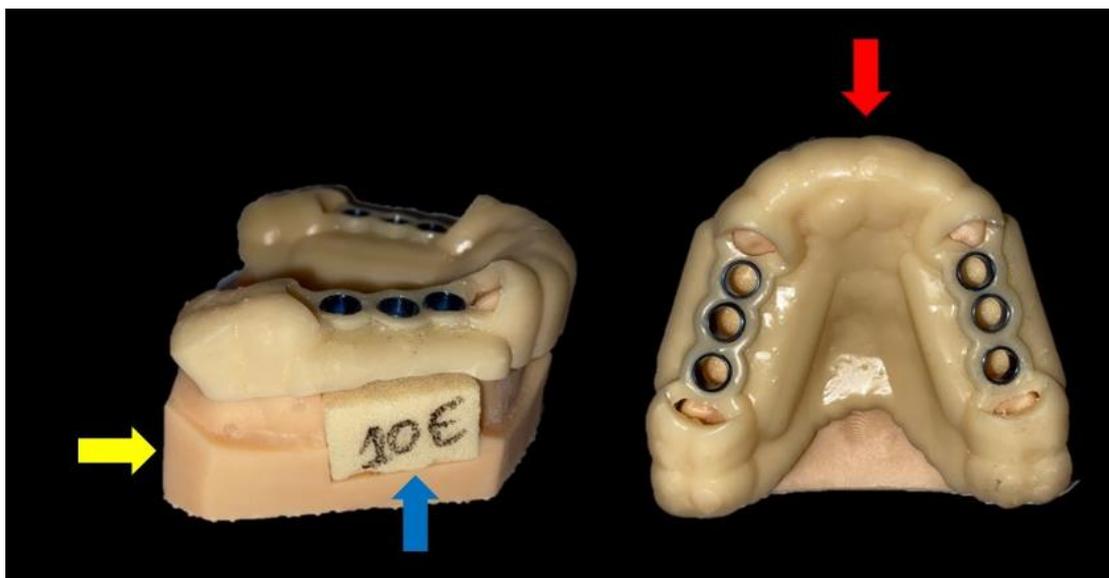


Figura 2 - Visão lateral (à esquerda) e visão superior (à direita) do modelo mestre com elementos dentários ausentes impresso em SLA (seta amarela), bloco de poliuretano adaptado ao modelo para instalação dos implantes (seta azul) e guia cirúrgico referente ao planejamento da CGI impresso em SLA (seta vermelha).

### 3.2 Fase laboratorial:

Foram instalados 36 implantes utilizando o kit de cirurgia guiada Speedguide (Conexão, Brasil), divididos em 18 implantes para o grupo 10 PCF e 18 implantes para o grupo 20 PCF. Dos 18 implantes pertencentes a cada grupo 6 pertenciam ao grupo A, 6 do grupo B, 6 do grupo C. As três macrogeometrias foram distribuídas em diferentes posições no modelo. Após instalação dos implantes foi realizado um exame de TCCB (*Gendex*<sup>®</sup>) sobre uma bancada fixa utilizada em todas as aquisições de imagem tomográfica, e orientado no sentido anteroposterior e sagital mediano pelos lasers de orientação coronal e sagital atribuídos ao tomógrafo cone beam (Figura 3).

Foram obtidos 10 arquivos DICOM, 5 para os implantes instalados do grupo 10 PCF e 5 para os implantes do grupo 20 PCF (Figura 4).

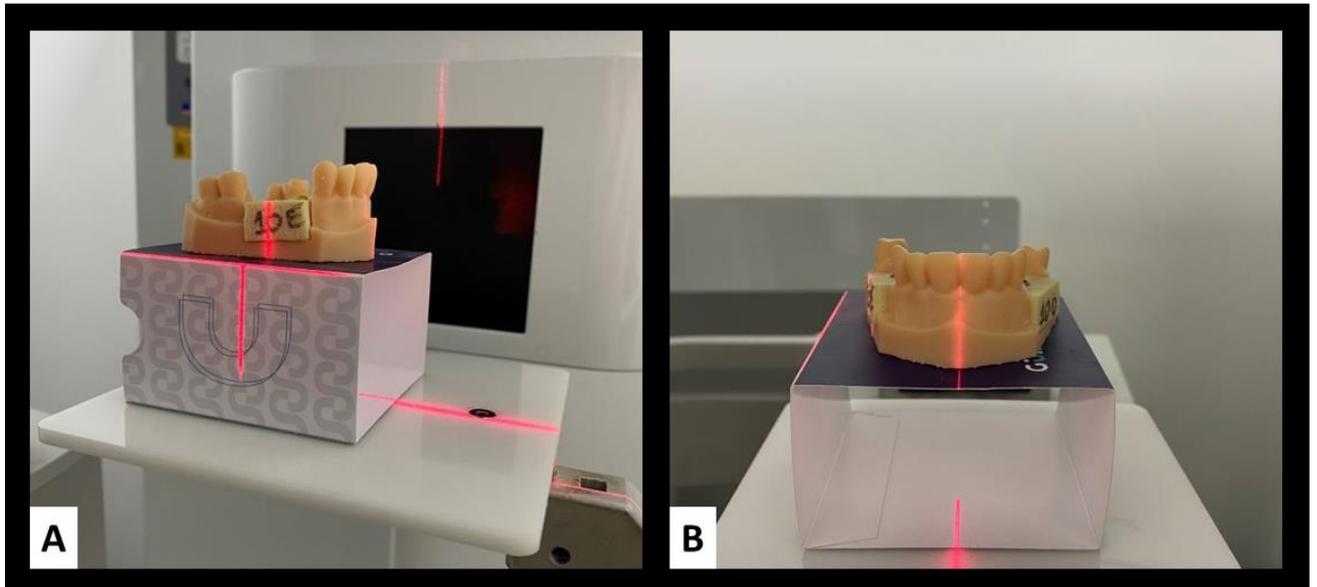


Figura 3 - Laser de orientação coronal mostrando posicionamento anteroposterior (A). Laser de orientação sagital mostrando posicionamento mediano (B).

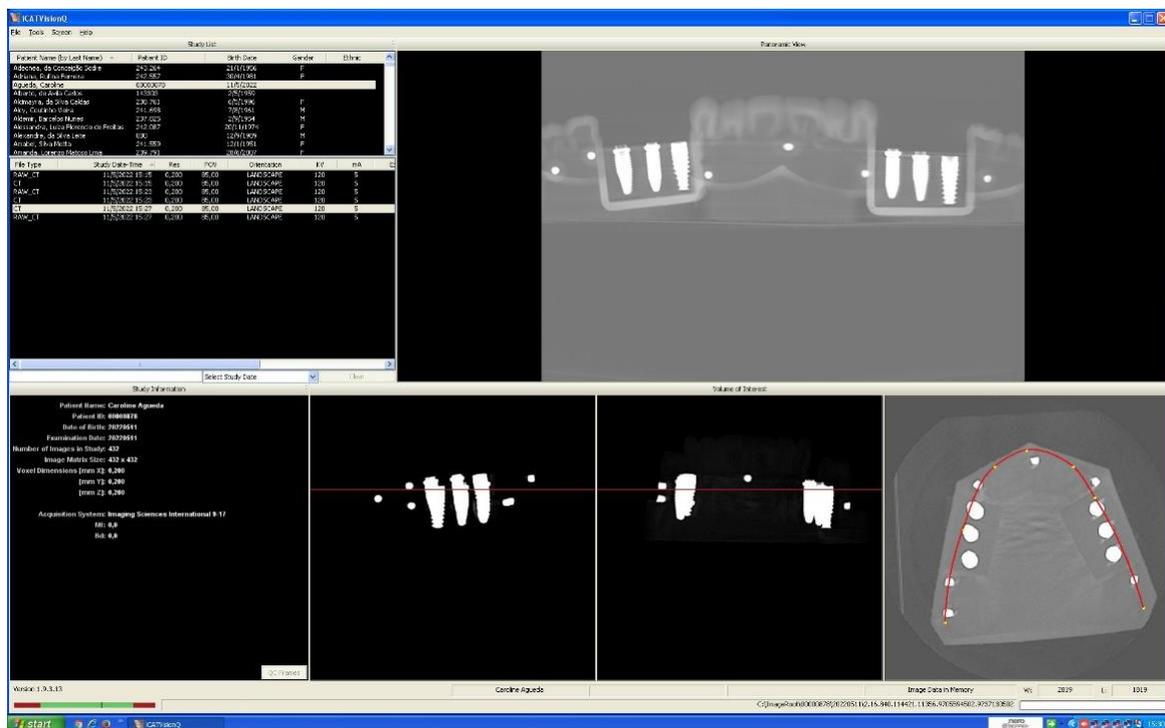


Figura 4 - Software ICAT VisionQ utilizado para aquisição da imagem tomográfica do modelo com implantes instalados na fase laboratorial.

### 3.3 Análise da posição final:

Os arquivos DICOM obtidos dos exames tomográficos foram abertos no software Blue Sky Plan 4.7® e O arquivo STL do planejamento virtual inicial foi incluído sobre o DICOM. Através da ferramenta de alinhamento de superfície por pontos os dois arquivos foram sobrepostos utilizando como referência os 6 marcadores de posição do planejamento a imagem hiperdensa da resina composta preenchida no modelo laboratorial. (figura 5 e 6).

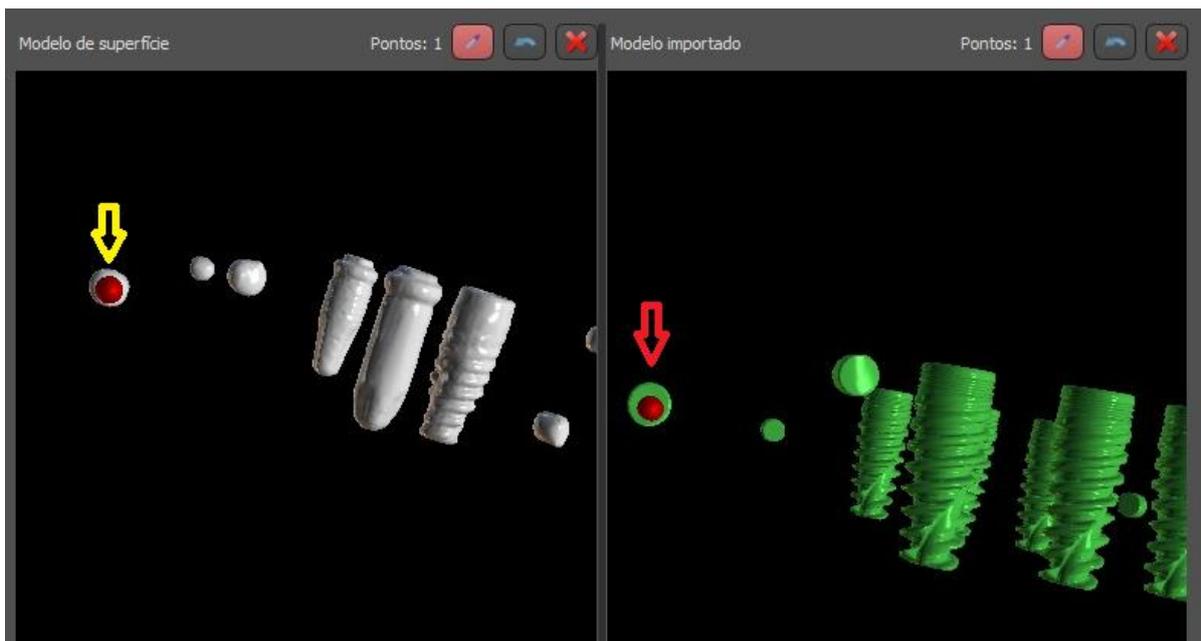


Figura 5 - Alinhamento de superfície por pontos no software Blue Sky Plan 4.7®. Do lado esquerdo imagem DICOM do modelo laboratorial com implantes instalados representado em cor cinza. Do lado direito STL do planejamento virtual inicial representado em cor verde. Seta amarela mostrando imagem hiperdensa da resina composta nos orifícios posicionadores do modelo laboratorial. Seta vermelha mostrando círculo posicionador do planejamento virtual.

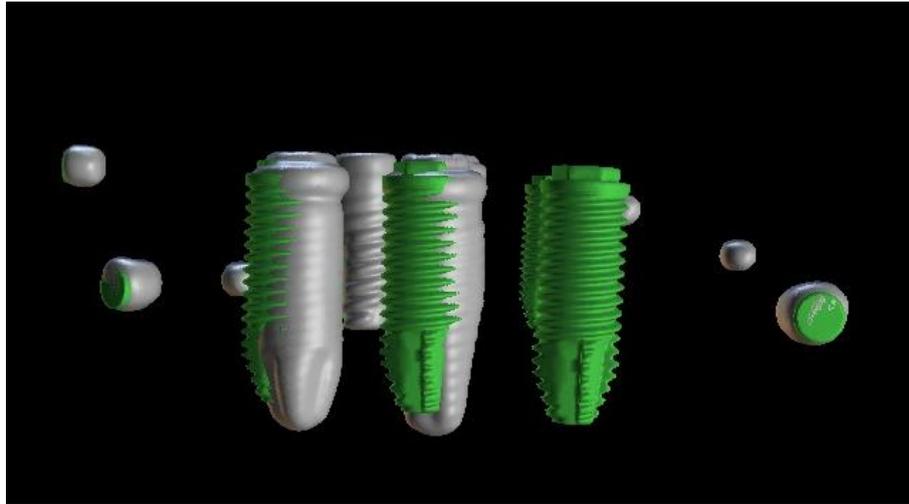


Figura 6 - Arquivo DICOM do modelo laboratorial com implantes instalados (em cor cinza) sobreposto ao STL do planejamento virtual inicial (em cor verde).

Após a sobreposição do DICOM ao STL do planejamento virtual inicial foram traçadas linhas ao longo eixo dos implantes para contabilizar o desvio apical, desvio coronal e desvio angular. Foram considerados dois arquivos STL do planejamento virtual inicial, com implantes com plataformas hexágono externo (HE) e cone morse (CM), de forma que fosse compatível com o implante que estava sendo analisado. (Figura 7 e 8)

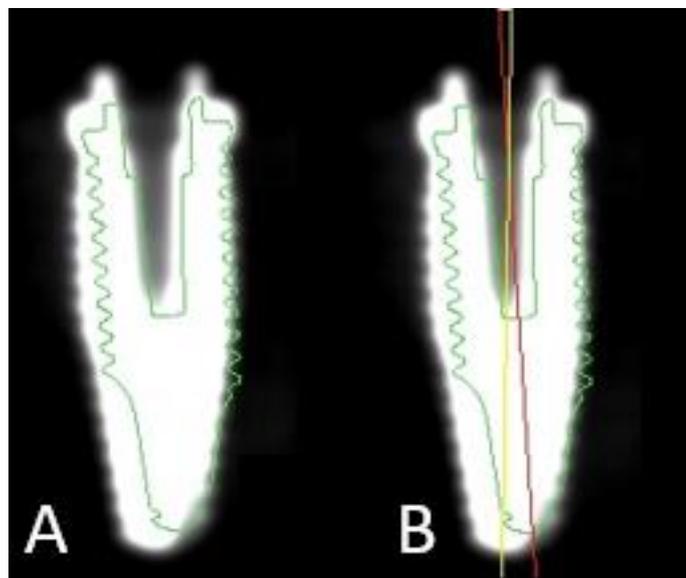


Figura 7 - A. Sobreposição do planejamento inicial em traço verde sobreposto ao modelo laboratorial avaliada em cortes coronais. B. longo eixo do planejamento inicial em linha vermelha e do modelo laboratorial em linha amarela.

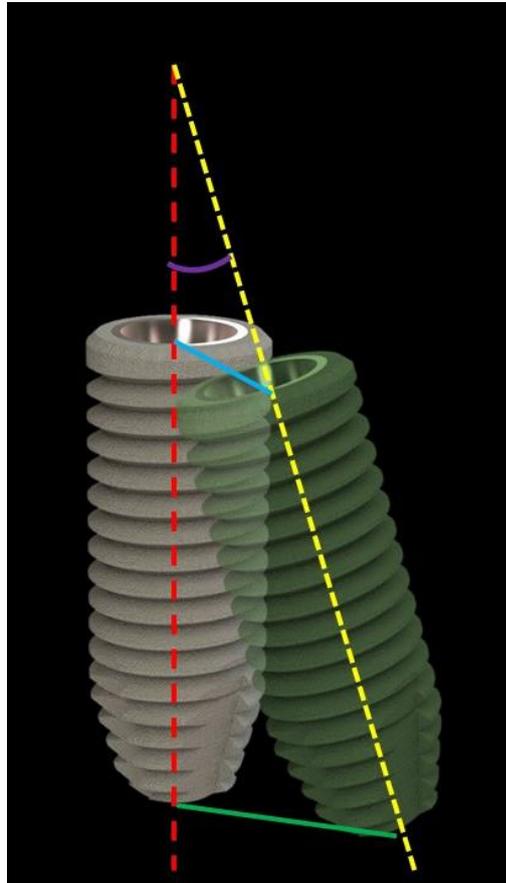


Figura 8 – Esquema demonstrando os parâmetros avaliados. Longo eixo do implante no planejamento (traço vermelho pontilhado); Longo eixo do implante instalado (traço pontilhado amarelo); Desvio coronal (Traço azul); Desvio apical (traço verde); Desvio angular (linha roxa).

Foram calculados as médias e o desvio padrão para cada grupo. Após a verificação da normalidade com o teste de Shapiro-Wilks, foi aplicado a análise de variância a um critério para comparação das macrogeometrias e o teste t para comparação das densidades ósseas. As análises foram realizadas com nível de significância de 5% com o software estatístico SPSS (v.20, IBM, NY, EUA).

## 6 RESULTADOS

Não foi verificada influência ( $p > 0,05$ ) da macrogeometria dos implantes dentários no posicionamento dos implantes (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1. Valores do desvio angular e variação de posicionamento dos diferentes implantes instalados na espuma de poliuretano PCF 10.

PCF10	Desvio Angular (°)	Varição do ápice (mm)	Varição da Plataforma (mm)
Cilíndrico	<b>3.08</b> (1.06) <sup>a</sup>	<b>0.96</b> (0.39) <sup>a</sup>	<b>0.37</b> (0.25) <sup>a</sup>
Cônico	<b>3.38</b> (1.51) <sup>a</sup>	<b>0.92</b> (0.36) <sup>a</sup>	<b>0.29</b> (0.15) <sup>a</sup>
Cônico modificado	<b>3.37</b> (1.92) <sup>a</sup>	<b>0.92</b> (0.39) <sup>a</sup>	<b>0.33</b> (0.19) <sup>a</sup>

Média (desvio padrão) - Letras diferentes indicam diferença estatística significativa entre os implantes (ANOVA,  $p < 0,05$ ).

Tabela 2. Valores do desvio angular e variação de posicionamento dos diferentes implantes instalados na espuma de poliuretano PCF 20.

PCF20	Desvio Angular (°)	Varição do ápice (mm)	Varição da Plataforma (mm)
Cilíndrico	<b>2.82</b> (1.09) <sup>a</sup>	<b>1.05</b> (0.44) <sup>a</sup>	<b>0.45</b> (0.13) <sup>a</sup>
Cônico	<b>3.30</b> (1.55) <sup>a</sup>	<b>0.92</b> (0.37) <sup>a</sup>	<b>0.27</b> (0.19) <sup>a</sup>
Cônico modificado	<b>2.36</b> (0.99) <sup>a</sup>	<b>0.84</b> (0.43) <sup>a</sup>	<b>0.24</b> (0.14) <sup>a</sup>

Média (desvio padrão) - Letras diferentes indicam diferença estatística significativa entre os implantes (ANOVA,  $p < 0,05$ ).

A densidade não influenciou ( $p > 0,05$ ) o posicionamento e angulação dos implantes em todas as macrogeometrias (Figuras 9 a 11).

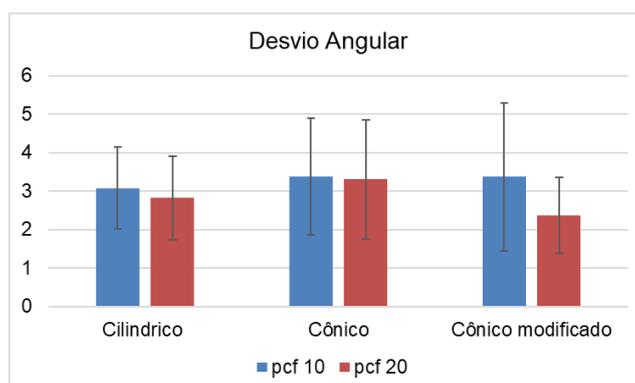


Figura 9. Desvio angular (graus) dos implantes instalados em espuma de poliuretano PCF 10 e 20.

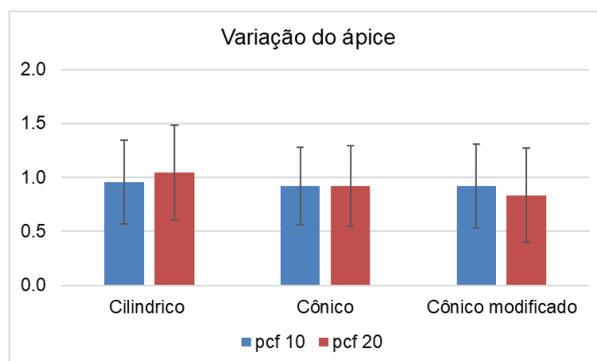


Figura 10. Variação de posicionamento do ápice (mm) dos implantes instalados em espuma de poliuretano PCF 10 e 20.

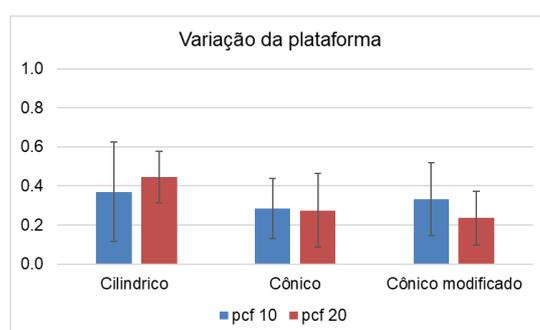


Figura 11. Variação de posicionamento da plataforma (mm) dos implantes instalados em espuma de poliuretano PCF 10 e 20.

## 7 DISCUSSÃO

A CGI já representa na atualidade uma acurácia extremamente satisfatória em relação a técnica a mão livre. Em um estudo onde foram realizadas instalações de implantes a mão livre obteve-se como resultado as médias de 2,77 mm na plataforma do implante, 2,91 mm no ápice e 9,92° de desvio angular (VERCRUYSSSEN *et al.*, 2014). Outro estudo clínico em preparação do sítio a mão livre observou um desvio médio de 1,82 mm na plataforma do implante, 2,43 mm no ápice e 7,03° de desvio angular (VARGA *et al.*, 2020). Os desvios da plataforma, apical e angular médios em nosso de nosso estudo para todos os implantes de diferentes macrogeometrias e as diferentes densidades ósseas, são menores que os valores apresentados na literatura para a técnica de mão livre, demonstrando a superioridade em acurácia da CGI.

Nos últimos anos uma série de trabalhos foram publicados com o objetivo de melhorar a precisão e acurácia da CGI. Diversas técnicas já foram implementadas e avaliadas, e algumas já são uma realidade para a prática clínica e previamente oferecidas pelos sistemas de implantes mais bem conhecidos.

Um dos desafios é elaborar uma técnica que possa mitigar o desvio horizontal na altura do ápice do implante. Estudos anteriores encontraram maior desvio horizontal no ápice do implante em relação ao ombro, porque a anilha exige um espaço de tolerância para a broca de perfuração durante a osteotomia (LIANG *et al.*, 2019). A literatura ainda carece de estudos que avaliem a influência da folga interna das anilhas em diferentes kits cirúrgicos, sendo uma demanda para o futuro.

O tamanho da anilha para perfuração também influencia na precisão e posição do implante instalado. Menos de 5mm de altura pode produzir desvios e níveis significativos de imprecisão. Essa imprecisão pode ser justificada pela maior chance de angulação da broca durante a perfuração quando a anilha tem sua altura mais curta. (LIANG *et al.*, 2019). Além disso a inclinação do rebordo alveolar e a resistência e densidade da cortical óssea podem influenciar nesse desvio (OZAN *et al.*, 2011).

Em nosso estudo os desvios apicais foram maiores do que os desvios da plataforma em todas as macrogeometrias e densidades avaliadas, cabendo ressaltar que os valores médios de desvio horizontal do ápice encontrados no presente estudo, são válidos para os implantes testados de 11,5mm. Espera-se que implantes mais longos apresentem desvios maiores.

A implementação do guia de instalação do implante é um importante minimizador do desvio horizontal no ápice do implante. Um estudo clínico recente comparou CGI com uso guia de perfuração e instalação em relação as CGI com apenas uso de guia de perfuração. Como resultado, foi observado maior precisão para o grupo que utilizou guias de perfuração e instalação, tendo apenas o desvio horizontal na altura do ombro do implante não atingido significância estatística (NGAMPRASERTKIT *et al.*, 2021). Em nosso estudo o guia de perfuração e instalação dos implantes foram utilizados.

A acurácia e precisão dos CGI podem ser testadas com grande precisão em avaliações *in vitro*. A macrogeometria dos implantes cônicos, como o Nobel Replace Conical (Nobel Biocare®), apresentaram previamente em estudo *in vitro* maior desvio angular, igual  $2,39^{\circ} \pm 1,33$ , em relação à outros sistemas avaliados no mesmo estudo,

alcançando a significância estatística. Outro sistema avaliado no estudo foi Tapered Screw-Vent (Zimmer Biomet®) de macrogeometria cilíndrica (YEUNG *et al.*, 2020). Em nosso trabalho maior desvio angular avaliado foi também com a macrogeometria cônica em uma densidade de 10 PCF, tendo a média de 3,38 (1,51), sem alcançar significância estatística.

Um estudo clínico realizou a instalação de 20 implantes cônicos e cilíndricos (Camlog, Wimsheim, Germany) em 20 pacientes, comparando a posição clinicamente alcançada com o planejamento realizado para cada paciente utilizando dados de estudos prévios. O desvio na altura da instalação do implante demonstrou diferença significativa, e o desvio angular e desvio apical não apresentaram diferença estatisticamente significativa nas duas macrogeometrias analisadas. É necessário considerar para a interpretação dos resultados, nesse caso, a imprecisão do controle das variáveis dos estudos clínicos, como: cirurgias com diferentes operadores, diferentes densidades ósseas dos pacientes, ausências dentárias, localização do implante, e outros fatores que levam a imprecisão desses resultados. (SCHNUTENHAUS *et al.*, 2021)

Em nosso estudo *in vitro* todos os implantes foram instalados tendo como base o mesmo modelo mestre e guia cirúrgico impresso baseado em um único planejamento virtual, evitando assim variações de posicionamento dos implantes em função do assentamento do guia. Em nossos resultados o desvio angular, apical e coronal dos implantes cilíndricos, cônicos e cônicos modificados não apresentaram diferença estatisticamente significativa ( $p > 0,05$ ). A densidade óssea também não influenciou o posicionamento e angulação dos implantes em todas as macrogeometrias ( $p > 0,05$ ).

## **8 CONCLUSÃO**

As diferentes macrogeometrias e densidades ósseas não influenciaram na precisão da CGI, de acordo com os resultados obtidos em nosso estudo. No entanto, os resultados indicam que a CGI é altamente recomendada do ponto de vista protético, em razão da precisão satisfatória da técnica.

## 9 REFERÊNCIAS

BLOCK, M. S.; EMERY, R. W.; LANK, K.; RYAN, J. Implant Placement Accuracy Using Dynamic Navigation. **Int J Oral Maxillofac Implants**, 32, n. 1, p. 92-99, Jan/Feb 2017.

BOVER-RAMOS, F.; VIÑA-ALMUNIA, J.; CERVERA-BALLESTER, J.; PEÑARROCHA-DIAGO, M. *et al.* Accuracy of Implant Placement with Computer-Guided Surgery: A Systematic Review and Meta-Analysis Comparing Cadaver, Clinical, and In Vitro Studies. **Int J Oral Maxillofac Implants**, 33, n. 1, p. 101–115, January/February 2018.

CARLSSON, L.; RÖSTLUND, T.; ALBREKTSSON, B.; ALBREKTSSON, T. *et al.* Osseointegration of titanium implants. **Acta Orthopaedica Scandinavica**, 57, n. 4, p. 285-289, 1986/01/01 1986.

CHOI, W.; NGUYEN, B. C.; DOAN, A.; GIROD, S. *et al.* Freehand Versus Guided Surgery: Factors Influencing Accuracy of Dental Implant Placement. **Implant Dent**, 26, n. 4, p. 500-509, Aug 2017.

COMUZZI, L.; TUMEDEI, M.; PONTES, A. E.; PIATTELLI, A. *et al.* Primary Stability of Dental Implants in Low-Density (10 and 20 pcf) Polyurethane Foam Blocks: Conical vs Cylindrical Implants. **Int J Environ Res Public Health**, 17, n. 8, 04 2020.

DE VICO, G.; FERRARIS, F.; ARCURI, L.; GUZZO, F. *et al.* A novel workflow for computer guided implant surgery matching digital dental casts and CBCT scan. **Oral Implantol (Rome)**, 9, n. 1, p. 33-48, 2016 Jan-Mar 2016.

DEGERLIYURT, K.; SIMSEK, B.; ERKMEN, E.; ESER, A. Effects of different fixture geometries on the stress distribution in mandibular peri-implant structures: a 3-dimensional finite element analysis. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, 110, n. 2, p. e1-11, Aug 2010.

FERNÁNDEZ-DOMÍNGUEZ, M.; ORTEGA-ASENSIO, V.; FUENTES-NUMANCIA, E.; ARAGONESES, J. M. *et al.* Can the Macrogeometry of Dental Implants Influence Guided Bone Regeneration in Buccal Bone Defects? Histomorphometric and Biomechanical Analysis in Beagle Dogs. **J Clin Med**, 8, n. 5, May 07 2019.

GLAUSER, R.; SENNERBY, L.; MEREDITH, N.; RÉE, A. *et al.* Resonance frequency analysis of implants subjected to immediate or early functional occlusal loading. Successful vs. failing implants. **Clin Oral Implants Res**, 15, n. 4, p. 428-434, Aug 2004.

HERSCHDORFER, L.; NEGREIROS, W. M.; GALLUCCI, G. O.; HAMILTON, A. Comparison of the accuracy of implants placed with CAD-CAM surgical templates manufactured with various 3D printers: An in vitro study. **J Prosthet Dent**, Jun 1 2020.

JOHANSSON, C.; DIBES, J.; RODRIGUEZ, L. E. L.; PAPIA, E. Accuracy of 3D printed polymers intended for models and surgical guides printed with two different 3D printers. **Dent Mater J**, 40, n. 2, p. 339-347, Mar 31 2021.

LEOCÁDIO, A. C. S.; JÚNIOR, M. S.; OLIVEIRA, G. J. P. L.; PINTO, G. D. C. S. *et al.* Evaluation of Implants with Different Macrostructures in Type I Bone-Pre-Clinical Study in Rabbits. **Materials (Basel)**, 13, n. 7, Mar 26 2020.

LIANG, Y.; YUAN, S.; HUAN, J.; ZHANG, Y. *et al.* In Vitro Experimental Study of the Effect of Adjusting the Guide Sleeve Height and Using a Visual Direction-Indicating Guide on Implantation Accuracy. **J Oral Maxillofac Surg**, 77, n. 11, p. 2259-2268, Nov 2019.

MUKAI, S.; MUKAI, E.; SANTOS-JUNIOR, J. A.; SHIBLI, J. A. *et al.* Assessment of the reproducibility and precision of milling and 3D printing surgical guides. **BMC Oral Health**, 21, n. 1, p. 1, Jan 2 2021.

NGAMPRASERTKIT, C.; AUNMEUNGTHONG, W.; KHONGKHUNTHIAN, P. The implant position accuracy between using only surgical drill guide and surgical drill guide with implant guide in fully digital workflow: a randomized clinical trial. **Oral Maxillofac Surg**, Jun 23 2021.

OZAN, O.; ORHAN, K.; TURKYILMAZ, I. Correlation between bone density and angular deviation of implants placed using CT-generated surgical guides. **J Craniofac Surg**, 22, n. 5, p. 1755-1761, Sep 2011.

RAICO GALLARDO, Y. N.; DA SILVA-OLIVIO, I. R. T.; MUKAI, E.; MORIMOTO, S. *et al.* Accuracy comparison of guided surgery for dental implants according to the tissue of support: a systematic review and meta-analysis. **Clin Oral Implants Res**, 28, n. 5, p. 602-612, May 2017.

SARGOLZAIE, N.; ARAB, H. R.; MOGHADDAM, M. M. Evaluation of crestal bone resorption around cylindrical and conical implants following 6 months of loading: A randomized clinical trial. **Eur J Dent**, 11, n. 3, p. 317-322, 2017 Jul-Sep 2017.

SCHNUTENHAUS, S.; EDELMANN, C.; RUDOLPH, H. Does the macro design of an implant affect the accuracy of template-guided implantation? A prospective clinical study. **Int J Implant Dent**, 7, n. 1, p. 42, 04 26 2021.

VALENTE, M. L.; DE CASTRO, D. T.; SHIMANO, A. C.; LEPRI, C. P. *et al.* Analyzing the Influence of a New Dental Implant Design on Primary Stability. **Clin Implant Dent Relat Res**, 18, n. 1, p. 168-173, Feb 2016.

VARGA, E.; ANTAL, M.; MAJOR, L.; KISCSATÁRI, R. *et al.* Guidance means accuracy: A randomized clinical trial on freehand versus guided dental implantation. **Clin Oral Implants Res**, 31, n. 5, p. 417-430, May 2020.

VERCRUYSSSEN, M.; COX, C.; COUCKE, W.; NAERT, I. *et al.* A randomized clinical trial comparing guided implant surgery (bone- or mucosa-supported) with mental navigation or the use of a pilot-drill template. **J Clin Periodontol**, 41, n. 7, p. 717-723, Jul 2014.

YEUNG, M.; ABDULMAJEED, A.; CARRICO, C. K.; DEEB, G. R. *et al.* Accuracy and precision of 3D-printed implant surgical guides with different implant systems: An in vitro study. **J Prosthet Dent**, 123, n. 6, p. 821-828, Jun 2020.

ZHOU, W.; LIU, Z.; SONG, L.; KUO, C. L. *et al.* Clinical Factors Affecting the Accuracy of Guided Implant Surgery-A Systematic Review and Meta-analysis. **J Evid Based Dent Pract**, 18, n. 1, p. 28-40, 03 2018.