

George Soares Santos

**AVALIAÇÃO DA PRECISÃO DE UMA TÉCNICA DE  
PLANEJAMENTO VIRTUAL E CIRURGIA GUIADA EM  
IMPLANTODONTIA**

Dissertação apresentada à  
Faculdade de Odontologia da  
Universidade de Uberlândia, para  
obtenção do Título de Mestre em  
Odontologia.

Uberlândia, 2011

George Soares Santos

# **AVALIAÇÃO DA PRECISÃO DE UMA TÉCNICA DE PLANEJAMENTO VIRTUAL E CIRURGIA GUIADA EM IMPLANTODONTIA**

Dissertação apresentada à  
Faculdade de Odontologia da  
Universidade de Uberlândia, para  
obtenção do Título de Mestre em  
Odontologia.

Orientador:

Prof. Dr. Darceny Zanetta-Barbosa

Banca examinadora:

Prof. Dr. Darceny Zanetta-Barbosa

Prof. Dr. Paulo César Simamoto Júnior

Prof. Dr. Paulo Sérgio Perri de Carvalho

Uberlândia, 2011



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**  
**FACULDADE DE ODONTOLOGIA**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA**

AV. Pará, 1720, bloco 2u – sala 2U09 – Campus Umuarama - UBERLÂNDIA –MG – 38400-902

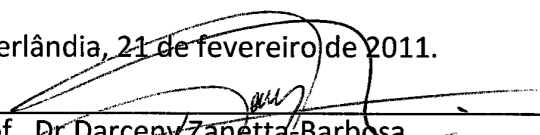
(0XX) 034 –3218-2550



**RELATÓRIO DA COMISSÃO JULGADORA DA 193ª DEFESA DE MESTRADO DO CD GEORGES SOARES SANTOS DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA DESTA UNIVERSIDADE.**

Às nove horas do dia vinte e um de fevereiro do ano de **dois mil e onze**, reuniu-se a Comissão Julgadora aprovada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Uberlândia, para o julgamento da Dissertação de Mestrado apresentada pelo candidato **GEORGE SOARES SANTOS** com o **título “VERIFICAÇÃO DA PRECISÃO DE UMA TÉCNICA DE PLANEJAMENTO VIRTUAL E CIRURGIA GUIADA EM IMPLANTODONTIA”**. O julgamento do trabalho foi realizado em sessão pública compreendendo a exposição, seguida de arguição pelos examinadores. Encerrada a arguição, cada examinador, em sessão secreta, exarou o seu parecer. A Comissão Julgadora, após análise do Trabalho, verificou que o mesmo encontra-se em condições de ser incorporado ao banco de Dissertações e Teses da Biblioteca desta Universidade. Acompanham este relatório os pareceres individuais dos membros da Comissão Julgadora.

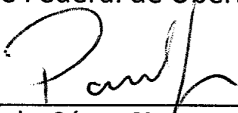
Uberlândia, 21 de fevereiro de 2011.

  
Prof. Dr. Darceny Zanetta-Barbosa

Titulação: Doutor

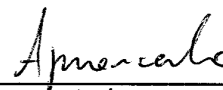
Universidade Federal de Uberlândia – UFU

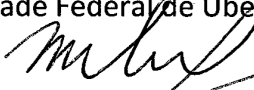
  
Aprovado/Reprovado

  
Prof. Dr. Paulo César Simamoto Júnior

Titulação: Doutor

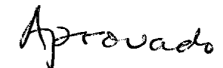
Universidade Federal de Uberlândia - UFU

  
Aprovado/Reprovado

  
Prof. Dr. Paulo Sérgio Perri de Carvalho

Titulação: Doutor

Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

  
Aprovado/Reprovado

## DEDICATÓRIA

**A DEUS**, por todas as adversidades e realizações que o senhor colocou em minha vida. Situações que me fizeram crescer como filho, irmão, amigo e sobretudo homem. Obrigado pela saúde, doenças, sorte, infortúnio, ganhos e perdas. Sem as quais não teria chegado aonde cheguei.

**À minha família**, obrigado por tudo, por sempre estar ao meu lado, quando não em corpo, em alma, sobre tudo quando saí de casa em 2005 para iniciar nesse mundo tão maravilhoso que é a Cirurgia e Traumatologia Bucomaxilofacial. Obrigado meu pai, minha mãe e minha irmã que são meu núcleo e base, sem você não valeria a pena.

**À Verônica**, minha noiva que fazendo parte do meu dia-a-dia desde 2006, quando cheguei em Campinas, me vendo crescer e crescendo junto comigo e acima de tudo me incentivando e desejando o melhor para mim. Você é um exemplo de caráter, dedicação, empenho e profissionalismo nessa área tão conturbada que é a cirurgia. Te amo.

## **AGRADECIMENTOS**

- Ao prof. Dr. Darcey Zanetta-Barbosa pela orientação e dedicação durante esses dois anos. Muito obrigado também pelos ensinamentos não só científicos, mas cirúrgico, não tenho como agradecer a confiança depositada em mim nos centro-cirúrgicos e no consultório. O senhor é exemplo de profissional, pesquisador e um cirurgião como poucos;
- Ao Dr. Éder Ferreira Rangel, além de co-orientador um amigo de todos os momentos. Sua participação é inestimável neste trabalho que está sendo concluído. Espero que todos os finais de semanas e atrasos para chegar em casa tenham valido a pena. Obrigado por todos os ensinamentos: “Não tenho nada a esconder” (Eder);
- Ao Dr. Keuler Ferreira Rangel, sempre com uma resposta nos momentos difíceis. Obrigado pela paciência e dedicação;
- Ao Dr. Asbel Rodrigues Machado pela participação efetiva no desenvolvimento deste trabalho;
- Ao professor Sérgio Vitorino pela dedicação na melhoria deste trabalho, mesmo não fazendo parte da sua área de trabalho;
- Ao meu amigo Rodrigo (Jaíba) pela ajuda na realização da estatística deste trabalho;
- À família Gomes: prof. Dr. Vanderlei Luiz Gomez, Marlene Maria Bisinotto Gomes, Juliana Bisinotto Gomes, Davi Bisinotto Gomes, Júlio Bisinotto Gomes e Rafael Bisinotto Gomes por fazer a distância da minha família menos doloroso. Obrigado por tudo...

- Ao casal Júlio Bisinotto Gomes e Joyce Chermikoski Ozawa pelo companheirismo e ajuda principalmente nos momentos difíceis. Um casal de irmãos;
- Minha amiga e companheira de mestrado Flaviana Soares Rocha, muito obrigado por todos os momentos de apoio e palavras amigas e principalmente pelas trocas de experiências Você é um exemplo a ser seguido;
- Aos professores da Disciplina de Cirurgia e Traumatologia Bucomaxilofacial da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Uberlândia, prof(a) Dr. Iris Malagoni Marquez, prof. Jonas Dantas Batista, prof. Lair Mambrini Furtado e prof(a) Flaviana Soares Rocha pelo acolhimento confiança e acima de tudo boa convivência.
- Aos alunos de graduação da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Uberlândia pela troca de experiências;
- Às minhas professoras Maria Cândida de Almeida Lopes e Márcia Socorro da Costa Borba pela dedicação e incentivo para minha entrada no mundo da cirurgia maxilofacial
- Aos preceptores, servidores e contemporâneos de residência durante 3 anos no Hospital Municipal “Dr Mário Gatti” o meu muito obrigado por todo o conhecimento;
- Aos meus grande amigos criados nesses dois anos de pós-graduação: João Paulo, Lucas Dantas, Luiz Raposo, Bruno Reis;
- Neodent pelo apoio na doação das anilhas guias;

- À Clínica de radiologia odontológica Tomoface pela possibilidade de realizações das tomografias computadorizadas deste trabalho;

## SUMÁRIO

|                                      |           |
|--------------------------------------|-----------|
| <b>DEDICATÓRIA .....</b>             | <b>IV</b> |
| <b>AGRADECIMENTOS .....</b>          | <b>V</b>  |
| <b>LISTA DE ABREVIATURAS.....</b>    | <b>1</b>  |
| <b>RESUMO.....</b>                   | <b>2</b>  |
| <b>ABSTRACT .....</b>                | <b>3</b>  |
| <b>1. INTRODUÇÃO .....</b>           | <b>4</b>  |
| <b>2. REVISÃO DA LITERATURA.....</b> | <b>7</b>  |
| <b>3. PROPOSIÇÃO .....</b>           | <b>18</b> |
| <b>4. MATERIAL E MÉTODO .....</b>    | <b>19</b> |
| <b>5. RESULTADOS.....</b>            | <b>27</b> |
| <b>6. DISCUSSÃO .....</b>            | <b>35</b> |
| <b>7. CONCLUSÃO .....</b>            | <b>41</b> |
| <b>8. REFERÊNCIAS.....</b>           | <b>42</b> |
| <b>ANEXO 01 .....</b>                | <b>46</b> |

## LISTA DE ABREVIATURAS

mm – milímetro

° - graus

TM - trademark ou marca registrada comercial

® - marca registrada

kV – quilovolts

mA – miliampere

seg. - segundos

## RESUMO

As duas maiores tendências das especialidades cirúrgicas são as cirurgias minimamente invasivas e cirurgias guiadas por computador. Na implantodontia essas duas tendências são traduzidas em cirurgias sem retalhos e inserção de implantes guiada por computador. A maneira mais utilizada de transferir o planejamento virtual de implantes dentais para o campo cirúrgico são os guias estereolitografados. O objetivo deste estudo foi avaliar a precisão da transferência de planejamento virtual para guias cirúrgicos em implantodontia testando uma nova técnica em que a confecção do guia cirúrgico é realizada em laboratório. Dezoito implantes e suas anilhas foram planejados virtualmente, em seis mandíbulas secas humanas, baseados em imagens tomográficas obtidas em um aparelho cone-beam. A transferência desse planejamento para o guia cirúrgico foi realizada através de uma ferramenta posicionadora de anilhas que utiliza dados gerados por um *software* específico para instalação das anilhas nos guias cirúrgicos. Foi realizada uma segunda tomografia de cada guia cirúrgico para verificar o posicionamento final de cada anilha. A avaliação da transferência do planejamento virtual para o guia cirúrgico foi feita através da comparação dos dados do planejamento com os do real. A diferença entre as anilhas planejadas e as finais em medidas lineares foi de  $0,26 \pm 0,16$ mm na direção vestibulo-lingual,  $0,14 \pm 0,12$ mm na direção méso-distal, e  $0,35 \pm 0,39$ mm na direção vertical. Assim como em medidas angulares a diferença entre o planejado e o executado foi de  $0,15 \pm 0,36^\circ$  na direção vestibulo-lingual e  $0,08 \pm 0,39^\circ$  na direção méso-distal. Foi possível concluir que este novo sistema permite a instalação de anilhas em guias cirúrgicos de forma precisa baseada em dados tomográficos.

**Palavras chaves:** implantes dentários guiados por computador, implantes dentários, cirurgia guiada, anilhas, guias de brocas, precisão.

## ABSTRACT

The two biggest trends in surgical specialties are the minimally invasive surgery and computer-guided surgeries. In implantology, these two tendencies are translated into flapless surgery and implant insertion guided by computer. The most used way to transfer the virtual planning of dental implants to the surgical field is stereolithography guides. The aim of this study was to evaluate the accuracy of the transfer of virtual planning to surgical guides in implantology testing a new technique, which uses laboratory-fabricated surgical guides. Eighteen implants and their sleeves were virtually planned in six dried human mandibles based on CT images obtained in a cone-beam device. The transfer of this planning to the surgical guide was performed by a positioning tool of sleeves, which uses data generated by a specific software for installing rings in surgical guides. A second CT was done of each surgical guide to check the final position of each ring. Comparing the virtual data with the real one made the evaluation of the transfer of virtual planning to the surgical guide. The difference between the planned and the final rings in linear measurements was  $0.26 \pm 0.16$  mm in the buccolingual direction,  $0.14 \pm 0.12$  mm in the mesiodistal direction, and  $0.35 \pm 0.39$  mm in the vertical direction. In angular measures the difference between what was planned and what was actually done was  $0.15 \pm 0.36$  ° in the buccolingual direction and  $0.08 \pm 0.39$  ° in the mesiodistal direction. It was concluded that this new system allows the installation of sleeves in surgical guides precisely based on CT data.

**Key-words:** computer-guided implant dentistry, dental implants, image-guided surgery, sleeve, drill guide, accuracy

## 1. INTRODUÇÃO

Embora a osseointegração dos implantes dentários seja uma consequência de sua instalação cirúrgica (Iacono, 2000), limitações anatômicas, assim como necessidades protéticas, têm incentivado cirurgiões e pesquisadores a desenvolver técnicas que melhorem o pós-operatório e o posicionamento dos implantes. Essas melhorias estão acontecendo em forma de técnicas de regeneração óssea, superfície de implantes, planejamento e execução de cirurgias guiadas (Sarment et al., 2003).

As cirurgias para instalação de implantes dentários como são planejadas hoje, baseadas, na maioria das vezes, em radiografias planas e em guias cirúrgicos convencionais, não garante a precisão na instalação desses implantes, ou seja, são dependentes da habilidade do cirurgião (Spector, 2008). Esses guias convencionais, geralmente multifuncionais, realmente desempenham bem o papel de integrar os requisitos protéticos com o planejamento radiográfico, auxiliando na fase cirúrgica (Naitoh et al., 2000). Esse tipo de guia é o mais difundido no mundo, mas não garante a transferência precisa do planejamento pré-operatório para o campo cirúrgico (Fortin et al., 2002).

Está bem claro na literatura que a utilização de recursos em três dimensões (3D), mais precisamente tomografia computadorizada (TC) facilita o planejamento e até mesmo a instalação de implantes dentários (Sarment et al., 2003; Van Assche et al., 2007; Spector, 2008; Schneider et al., 2009). O uso desses recursos em cirurgias de implantes dentários era limitado devido a desvantagens como alta dose de radiação e alto custo de execução (Tyndall & Brooks, 2000). No entanto, tem se popularizado graças à introdução da tecnologia *cone beam* nas tomografias computadorizadas, oferecendo imagens de boa qualidade, baixo nível de radiação e menor custo quando comparado aos tomógrafos hospitalares (Vercruyssen et al., 2008).

O planejamento de implantes dentários baseado em TC, passou por um grande avanço com o desenvolvimento de *softwares* que permitem a instalação de implantes dentários virtualmente. A transferência desta cirurgia

virtual para o campo operatório é o grande desafio dos pesquisadores. Existem diversas formas de transferência de planejamento virtual para o campo cirúrgico, como os guias restritivos e cirurgias por navegação. A confecção de guias cirúrgicos restritivos pode ser tanto em laboratórios de prótese (Fortin et al., 2003; Eggers et al., 2009; Danza & Carinci, 2010), como por prototipagem, utilizando a tecnologia *Computer Aided Design / Computer Aided Manufacturing* (CAD/CAM) (Kopp et al., 2003; Sarment et al., 2003; Van Assche et al., 2007; Spector, 2008).

Muitos trabalhos demonstram a eficiência e a precisão das técnicas baseadas em sistemas CAD/CAM (Sarment et al., 2003; Di Giacomo et al., 2005; Van Assche et al., 2007; Ozan et al., 2009; Valente et al., 2009; Arisan et al., 2010). Em uma revisão sistemática recente a análise de meta-regressão mostrou desvio médio no ponto de entrada dos implantes de 1,11mm e no ápice de 1,53mm utilizando a prototipagem como meio de transferência de planejamento (Schneider et al., 2009). Apesar de precisas, essas técnicas são complexas, caras e demandam experiência do cirurgião e muita tecnologia para serem executadas (Verstreken et al., 1996). Talvez por isso, as cirurgias virtuais, como são planejadas hoje, são mais utilizadas para casos de reabilitação de desdentados totais, nas quais o fator custo pode ser diluído no valor total do tratamento. A utilização em casos menores tem sido dificultada por esses custos e pelo tempo necessário para o planejamento e construção do guia, fazendo com que muitos clínicos prefiram não a utilizar (Widmann & Bale, 2006).

Técnicas baseadas em construções manuais feitas em laboratórios protéticos podem ser mais simples, rápidas e baratas. No entanto, numa revisão sistemática na qual os critérios de inclusão eram trabalhos que possuísem no mínimo 5 pacientes e acompanhamento de no mínimo 12 meses após a instalação da prótese, somente um estudo que utilizava guias fabricados em laboratório foi incluído (Schneider et al., 2009), demonstrando a falta de trabalhos bem documentados desse tipo de técnica.

Assim o presente estudo tem o objetivo de avaliar a precisão de uma técnica de planejamento virtual e cirurgia guiada em implantodontia em que a confecção do guia cirúrgico é realizada em laboratório.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

Os implantes osseointegráveis vêm sendo usados há mais de 40 anos (Branemark et al., 1977), entretanto a sua utilização era restrita inicialmente a um protocolo conhecido como “Protocolo de Brånemark” que consistia na instalação de quatro a seis implantes entre os forames mentonianos e sepultados por um período de 4 meses. Após este período de osseointegração, era instalada uma prótese fixa com infra-estrutura metálica sobre esses implantes (Branemark et al., 1977).

Os exames radiográficos propostos eram constituídos de uma radiografia panorâmica e uma telerradiografia em norma lateral (Branemark et al., 1977). Portanto a possibilidade de falta de osso em espessura só podia ser prevista pelo exame clínico e confirmada ou não no ato cirúrgico.

Com a evolução das técnicas e de estudos científicos, os implantes passaram a ser utilizados em inúmeras outras situações, nas quais a demanda por exames e cirurgias mais precisas tornou-se maior, para evitar possíveis danos a estruturas como seio maxilar, canal alveolar inferior e raízes de dentes vizinhos (Jemt et al., 1989).

A limitação das técnicas radiográficas convencionais para planejamento de implantes fica evidente em uma revisão da literatura disponível. Foi comparado o diagnóstico por meio de exame clínico, radiográfico e modelos de gesso com imagens tomográficas, os autores concluíram que a topografia óssea não pode ser determinada por radiografias e que as tomografias são de grande valor para esse papel (McGivney et al., 1986).

A necessidade de planejamentos para cirurgias de implantes dentários levou ao desenvolvimento do *software* DentalScan, que é um aplicativo de Tomografia Computadorizada Helicoidal de uso exclusivo para Odontologia. O DentalScan permite visualizar determinada região anatômica, através de múltiplas imagens de alta resolução, permitindo cortes de até 1mm de espessura. Com isso, os cirurgiões possuíam, pela primeira vez, a

possibilidade de avaliar o leito receptor de implantes dentários em um *software* desenvolvido para a implantodontia (Schwarz et al., 1989).

O primeiro sistema para planejamento do posicionamento de implantes dentários em ambiente virtual foi desenvolvido utilizando-se tomografias computadorizadas reformatadas, reconstruções tridimensionais e imagens de cilindros variados simulando implantes (Verstreken et al., 1996). A técnica consistia em uma tomografia computadorizada em espiral, seguindo um protocolo com cortes de espessura de um milímetro, velocidade da mesa de um milímetro por segundo e a borda da mandíbula ou o palato duro paralelo ao plano axial. O paciente deveria usar prótese total ou guia cirúrgico com os dentes nas posições ideais contendo um material radiopaco. As imagens tomográficas eram reformatadas em imagens em vários planos em duas dimensões (2-D), e em uma reconstrução em três dimensões. Nessas imagens eram planejados implantes que poderiam ser inclinados ou movimentados e a cada modificação em uma das janelas a posição dos cilindros era atualizada nas outras janelas, assim, implantes inclinados poderiam ser vistos em mais de uma janela. Os autores mostraram a necessidade de trabalhos futuros para desenvolver sistemas para transferir esse planejamento virtual para o campo cirúrgico (Verstreken et al., 1996).

Procurando avaliar a confiabilidade das imagens em 2-D reformatadas para o planejamento de implantes foi realizado um estudo com 100 pacientes parcial ou totalmente desdentados. Eles foram submetidos a um planejamento de implantes dentários com imagens de tomografias computadorizadas reformatadas em 2-D e posterior instalação de implantes. O planejamento foi realizado com modelos de implantes em transparências sobrepostas nas imagens tomográficas reformatadas. A transferência do planejamento para a cirurgia foi feita por meio da confecção de guias convencionais em resina acrílica sobre os modelos de gesso. O número, a localização, o tamanho dos implantes, a disponibilidade óssea e as complicações operatórias foram registradas. Foram planejados 416 implantes, mas somente 395 puderam ser instalados. Houve uma boa correlação entre o posicionamento planejado e o executado, entretanto isso não ocorreu com

relação ao tamanho dos implantes, pois 184 dos 395 implantes instalados não correspondiam com o tamanho planejado. As complicações encontradas foram altas, tendo ocorrido em 41% dos casos, sendo as fenestrações e deiscências as mais prevalentes (21%). Foi concluído que imagens de TC reformatadas 2-D são uma ferramenta confiável para avaliação pré-operatória, definição do número e localização dos implantes, mas são menos confiáveis para prever o tamanho dos implantes e a ocorrência de complicações anatômicas na cirurgia (Jacobs et al., 1999).

Uma pesquisa foi realizada com o objetivo de avaliar a magnitude de erro na transferência da posição de implantes planejados em imagens 2-D reformatadas para modelos de gesso. Foram realizadas 14 tomografias computadorizadas de pacientes e um total de 77 sítios de implantação foram avaliados e planejados para instalação de implantes. A transferência do planejamento virtual foi realizada baseando-se em um modelo fabricado a partir de uma placa de acetato entre os dentes da maxila e mandíbula presa com silicone à arcada de interesse. Essa placa representava o plano oclusal do paciente, na qual foram instalados parafusos de titânio na posição ideal dos implantes. Esses parafusos possuíam a cabeça em forma de cruz, onde uma das fendas era posicionada perpendicularmente ao perímetro oclusal, isso determinaria o corte paraaxial da tomografia. Uma tomografia era realizada do conjunto, modelo de gesso mais placa de acetato e parafusos de titânio. Os implantes eram planejados em um software específico (SimPlant<sup>®</sup>) baseados em imagens tomográficas em 2-D reformatadas utilizando os parafusos de titânio como ponto de referência para inserção. Como era conhecido que a placa de acetato era perpendicular ao longo eixo dos implantes e que uma das marcas da cruzeta do parafuso era perpendicular ao perímetro oclusal, podia-se calcular o ângulo de inserção do implante. Dessa forma, um instrumento de medidas angulares e a placa oclusal foram utilizados para transferir os dados do planejamento para o guia cirúrgico. Foram instalados implantes de acordo com o planejamento do software e foi medida a distância do ápice dos implantes instalados aos ápices dos implantes planejados, baseando-se no conhecimento prévio das posições dos parafusos de referência e do ângulo

entre a placa de acetato e os dentes. O erro na transferência dos dados do planejado para o paciente foi de  $0,6\pm0,4\text{mm}$  na maxila e  $0,3\pm0,4\text{mm}$  na mandíbula. Os autores concluíram que os erros na transferência do posicionamento dos implantes planejado no *software* para o modelo de gesso não foram clinicamente relevantes, mas que os erros obtidos poderiam ser devido à escolha errada do corte paraaxial para o planejamento, orientação errada do guia cirúrgico e da habilidade do cirurgião (Besimo et al., 2000).

Outra forma de transferência de planejamento de implantes dentários foi sugerida utilizando-se biomodelos (prototipagem). Foi proposto o planejamento de implantes no *software* SimPlant®, que permitia a visualização da anatomia, qualidade óssea e também a simulação da instalação dos implantes no computador. Os biomodelos eram confeccionados baseados nas informações do computador utilizando a tecnologia CAD / CAM (Hagiwara et al., 1999).

Essa técnica foi estudada em uma pesquisa utilizando dois cadáveres e oito pacientes. Chamada de LITORIM (Leuven information technology-based oral rehabilitation by means of implants), a técnica baseava-se em imagens tomográficas de 3 dimensões onde eram planejados guias cirúrgicos restritivos e as próteses que seriam instalados logo após a cirurgia. Foram instalados 15 implantes e os resultados indicaram que os valores da posição e da inclinação planejada para os implantes ficaram muito próximos dos valores obtidos após a cirurgia de colocação dos implantes. Assim, nascia um novo conceito para cirurgia de implantes dentários com a possibilidade de carga imediata e cirurgias sem retalhos (van Steenberghe et al., 2002).

Preocupados com o erro na transferência do planejamento virtual para o campo operatório foi realizado um estudo em que utilizou três cadáveres para fixação de dois implantes zigomáticos bilaterais. Os autores relataram que o procedimento de implantes zigomáticos é crítico, portanto havia a necessidade de planejar e executar a cirurgia de colocação de implantes por meio de guias cirúrgicos de estereolitografia. Os resultados obtidos foram comparados com o planejamento através de 3 medidas: angulação, distância em relação à entrada na maxila e distância em relação à saída no zigoma. A

angulação variou entre 3,1° e 6,9° graus e as distâncias entre 2,7 e 6,74mm. Cinco dos seis zigomas operados obtiveram 3,5 graus e desvios lineares de 3mm em média, mas os autores não acharam estes valores significativos clinicamente. Concluíram que os desvios aumentados podem ser explicados por fatores como limitação de abertura bucal e posicionamento muito para posterior do local de entrada do implante, mas que a técnica é encorajadora para alcançar melhores resultados com o planejamento a partir das imagens tomográficas e com a transferência segura para o campo operatório. Afirmam que este é o primeiro trabalho a relatar a precisão na transferência de planejamentos virtuais em 3-d para o campo cirúrgico (Van Steenberghe et al., 2003).

Com o objetivo de comparar a precisão dos guias cirúrgicos convencionais com os prototipados foi realizado um estudo com mandíbulas endêntulas de resina epóxi. Foram planejados cinco implantes de cada lado, sendo no lado direito fabricado um guia cirúrgico convencional (lado controle) e no lado esquerdo um guia de estereolitografado (lado teste). Os implantes foram planejados no *software* SimPlant®, sendo que do lado controle um guia tomográfico foi fabricado previamente. Este guia era composto por dentes radiopacos, que continham tubos de 2mm de diâmetro para orientar a posição dos implantes no longo eixo dos dentes. No lado teste nenhum tipo de planejamento reverso foi executado, os implantes foram planejados diretamente no *software* o mais paralelo possível. Depois do planejamento virtual dos implantes, um guia estereolitografado foi fabricado para o lado teste e o guia cirúrgico do lado controle foi fabricado utilizando o mesmo guia tomográfico apenas alargando os orifícios de 2mm para 3,2mm. Após as perfurações, as mandíbulas foram submetidas a uma nova aquisição tomográfica a fim de comparar o planejado com o executado. Esta comparação foi realizada atribuindo, para cada osteotomia, dois pontos, um na porção mais superior da osteotomia e outro na porção mais apical (esses pontos eram no centro das osteotomias). As distâncias entre os pontos e os ângulos formados entre o implante virtual e a perfuração correspondente foram calculadas matematicamente. A distância média entre o implante planejado e a osteotomia

para os guias convencionais foi de  $1,5\pm0,7$ mm no ponto de entrada, de  $2,1\pm0,97$ mm no ápice e de  $8\pm4,5$  graus para o ângulo formado entre o planejado e o executado. Essas medidas foram reduzidas quando avaliados os guias prototipados, encontrando-se  $0,9\pm0,5$ mm no ponto de entrada,  $1,0\pm0,6$ mm no ápice e  $4,5\pm2$  graus no ângulo formado entre o planejado e a osteotomia. Os autores referiram que esse foi o primeiro trabalho comparando, em um mesmo corpo de prova, dois tipos de guias cirúrgicos. Foi concluído que guias fabricados com tecnologia CAD/CAM permitem um melhor posicionamento dos implantes, mas que esse estudo possuiu limitações clínicas (Sarment et al., 2003).

Um protocolo foi sugerido, após um estudo prospectivo multicêntrico utilizando 27 pacientes, de três países diferentes. O protocolo foi idealizado de acordo com os conceitos Teeth-in-an-Hour™, que objetivava cirurgias sem retalhos e carga imediata. Primeiramente era confeccionada uma prótese total ou guia tomográfico, que simulava o posicionamento ideal dos dentes, contendo pelo menos cinco pontos de gutta-percha de 1mm de diâmetro. A seguir, era realizado um duplo escaneamento tomográfico, sendo um do paciente com a prótese e outro somente da prótese. Os resultados desses exames eram inseridos em um *software* que, utilizando os pontos de gutta-percha, conseguia sobrepor as imagens do guia e do paciente, que eram inseridas em outro software (Oralim®), onde eram planejados os implantes baseando-se na prótese. Este planejamento virtual era enviado para um centro especializado para confecção do guia cirúrgico que possuía anilhas de metal que serviriam como guias internos para as brocas. Os implantes eram inseridos através das anilhas deste guia cirúrgico. Logo após a instalação dos implantes o guia cirúrgico era removido e então uma prótese total pré-fabricada também no sistema CAD/CAM era instalada sobre os implantes. Dos vinte e sete pacientes, vinte e quatro foram acompanhados no período de um ano, em um total de 164 implantes. Nenhum implante foi perdido, e todas as próteses permaneceram estáveis e em função após um ano. Os autores concluem que o protocolo proposto é seguro, e que estudos devem ser executados em desdentados parciais (van Steenberghe et al., 2005).

Com o objetivo de avaliar os resultados em longo prazo de implantes em carregamento imediato, planejados virtualmente e inseridos através de guias prototipados e cirurgias sem retalhos, foi realizado um estudo com vinte e nove pacientes desdentados totais. O tratamento reabilitador foi executado através de próteses sobre implantes baseado nos conceitos Teeth-in-an-Hour™. A taxa de sobrevida dos implantes, a estrutura protética, as complicações trans e pós-operatórias e a perda óssea foram analisadas após 44 meses. Os autores observaram a perda de 19 implantes dos 176 instalados (todos nos primeiros 18 meses), cinco estruturas protéticas tornaram-se instáveis (10% das maxilas e 30% das mandíbulas), má-adaptação dos pilares protéticos ocorreram em cinco casos e a perda de toda a prótese em três pacientes. O mais significativo foi que ocorreram problemas cirúrgicos em 42% dos casos, dentre eles quebra de guias e infecções pós-operatórias. Assim o autor conclui que, para mandíbula, tratamentos convencionais e o protocolo NovumBrånemark® possuem menos complicações técnicas e cirúrgicas e classifica as cirurgias planejadas em computador e executadas com guias prototipados como ainda em fase de avaliação (Komiyama et al., 2008).

Atualmente existem muitas formas de transferência de planejamento virtual para o campo operatório que não a prototipagem. Esta transferência pode ser através de guias utilizando-se dispositivos mecânicos posicionadores ou fresadoras CNC (Computer Numerical Control) ou por navegação (Dreiseidler et al., 2009a).

Com a justificativa de que, até então, não havia um método satisfatório de transferência de planejamento para o campo cirúrgico, devido, principalmente, a falta de estabilidade dos guias cirúrgicos. Foi proposto cirurgia por navegação para instalação de implantes dentários, por permitir a transferência do planejamento para a cirurgia de forma segura resultando em menor morbidade. Foram utilizadas cinco mandíbulas secas humanas, nas quais foram planejados e inseridos quatro implantes de 13mm entre os forames mentonianos. As mandíbulas foram tomografadas e os implantes foram planejados utilizando-se o programa VISIT, *software* específico de cirurgia por navegação, baseados nas imagens tomográficas. Antes da instalação dos

implantes, as mandíbulas foram cobertas por gesso, evitando, assim, a visualização de estruturas anatômicas de referência. Os vinte implantes foram instalados utilizando o sistema de navegação óptico Flashpoint5000® e posteriormente o gesso que recobria as mandíbulas foi removido para realização da tomografia de conferência. As imagens pré e pós cirúrgicas foram interpoladas ao tamanho isotrópico de voxel e sobrepostas utilizando o registro de informação mútuo. O desvio do planejado foi calculado de acordo com o erro em cada cortical, vestibular e lingual, no ápice e na cervical. Assim, em média o desvio foi de  $0,49\pm0,38\text{mm}$  da cortical lingual e de  $0,55\pm0,31\text{mm}$  da cortical vestibular na cervical. Os resultados nos ápices dos implantes mostraram uma significativa perda de precisão, tendo como desvio médio  $1,36\pm0,7\text{mm}$  da cortical lingual e  $1,44\pm0,79\text{mm}$  da cortical vestibular. Os autores concluem que a técnica de inserção de implantes por navegação oferece uma alta precisão em nível cervical satisfazendo as necessidades estéticas e protéticas. Entretanto, nos ápices dos implantes, erros de até 3,5mm ocorreram, contra-indicando essa técnica em casos limítrofes (Wanschitz et al., 2002).

Para avaliar a viabilidade da cirurgia por navegação na implantodontia, foi realizado um estudo com 16 mandíbulas de resina, onde foram comparados dois sistemas de cirurgia por navegação e um a mão livre para instalação de implantes dentários. As mandíbulas foram divididas em 3 grupos, cinco para cada sistema, sendo que uma mandíbula foi separada como modelo padrão. A mandíbula padrão possuía 3 furos (osteotomias para implantes) com tamanho e direção pré-determinados, e estas osteotomias foram reproduzidas nas outras 15 mandíbulas através das técnicas de navegação (RoboDent® e sistema IGI DenX) e a mão livre. Após as osteotomias, as 15 mandíbulas foram levadas a uma máquina de mensuração de coordenadas que tem a capacidade de medir o posicionamento espacial de cada osteotomia e assim compará-las com as osteotomias da mandíbula padrão. As diferenças entre as osteotomias foram comparadas axialmente no ponto de entrada e no ápice; longitudinalmente no ápice e o ângulo formado pela osteotomia padrão e a executada. As osteotomias realizadas com o

sistema RoboDent® mostraram um desvio axial de 0,35mm no ponto de entrada, de 0,47mm no ápice; longitudinalmente de 0,32mm no ápice e o desvio angular foi de 2,12°. O sistema IGI DenX mostrou desvios axiais de 0,65mm no ponto de entrada, 0,68mm no ápice, 0,61mm em profundidade e 4,21° em desvio angular. As perfurações a mão livre obtiveram os piores resultados: no plano axial 1,35mm no ponto de entrada, 1,65mm nos ápices, 0,84mm no plano longitudinal e um erro angular de 4,59°. Os autores concluem que cirurgias guiadas por computadores são significativamente mais precisas que aquelas a mão livre (Brief et al., 2005).

A forma de transferência de planejamento virtual para o campo cirúrgico mais utilizado no mundo é através de prototipagem. Foi realizado um estudo comparando duas técnicas de cirurgia de implantes dentários por navegação (Artma virtual patient™, RoboDent LapAccedo®), e uma por guias prototipados (MaterialiseSurgiGuide™). Para essa finalidade, 120 implantes foram instalados em 20 mandíbulas humanas divididas em 3 grupos. As peças anatômicas foram tomografadas e implantes dentários foram planejados utilizando *softwares* específicos para cada tipo de sistemas de implantes guiados: SimPlant One Shot™ *software* (Materialis, medical, Leuven, Bélgica), RoboDent LapDoc Accedo® *software* (RoboDent® GmbH, Berlim, Alemanha) e Artma Virtual Patient™ *software* (Baumgartner & Rath, Munique, Alemanha). Quarenta implantes foram instalados em cada grupo, seguindo as recomendações de cada fabricante. Após a instalação dos implantes as mandíbulas foram submetidas a uma segunda tomografia e as imagens foram sobrepostas às da primeira tomada por meio de marcadores constantes no primeiro e segundo exame. Assim, foram avaliados desvios na cabeça do implante, na profundidade e ângulo formado entre o implante planejado e o executado. O grupo que utilizou a prototipagem como forma de transferência do planejamento virtual apresentou um desvio de  $1,5 \pm 0,8$ mm no ponto de entrada,  $0,6 \pm 0,4$ mm em profundidade e  $7,9 \pm 5^\circ$  em desvio angular. O grupo que utilizou cirurgia por navegação RoboDent apresentou um desvio no ponto de entrada de  $1 \pm 0,5$ mm,  $0,6 \pm 0,3$ mm em profundidade e  $8,1 \pm 4,6^\circ$  em desvio angular. O grupo Artma virtual patient™ apresentou desvios entre o planejado

e o executado de  $1,2\pm0,6\text{mm}$  no ponto de entrada,  $0,8\pm0,7\text{mm}$  em profundidade e  $8,1\pm4,6^\circ$  em desvio angular. Os autores concluíram que não há diferença estatística entre o grupo que utilizou o sistema prototipado e os que utilizaram o sistema por navegação. Eles ainda sugerem a utilização de guias restritivos para evitar erros humanos (Ruppin et al., 2008).

Um estudo *in vitro* foi realizado com o objetivo de analisar a precisão da transferência do planejamento virtual para o campo operatório utilizando o sistema Med3D®. Esse sistema é baseado em um guia tomográfico confeccionado com dentes radiopacos e um dispositivo fixado. Após o planejamento de implantes em ambiente 3-D o programa gera um gabarito das posições e o guia tomográfico juntamente com o modelo de gesso são instalados em uma fresadora especial (X1med3d, Schick Dental, Schemmerhofen, Germany) que realiza furos transformando-o em guia cirúrgico. Baseado nesse protocolo, 48 implantes foram instalados em 8 costelas de bezerros e tomografias computadorizadas foram realizadas antes e depois da instalação para analisar a precisão da técnica. Os autores encontraram um desvio de posição dos implantes variando em 0,1mm. Entretanto os desvios dos planejamentos na posição dos implantes em altura chegaram a 2mm e  $16^\circ$  na angulação. Os autores concluem que desvios de 2mm em qualquer direção podem ser perigosos para as estruturas adjacentes ao implantes e a qualidade e quantidade de osso no sítio a ser implantado pode influenciar na posição final do implante (Kalt & Gehrke, 2008).

Um novo sistema de planejamento de implantes em computador que utiliza um paralelômetro tridimensional para transferir os dados do planejamento virtual para os modelos de gesso foi desenvolvido. Com o objetivo de observar se essa nova forma de transferência de dados possui vantagem sobre as outras, foi desenvolvido um trabalho observando as falhas implantares e a remodelação óssea utilizando esse novo sistema e comparando com implantações a mão livre. Foram analisados 193 implantes instalados e submetidos a carga imediata por meio de cirurgia sem retalhos, sendo 66 inseridos utilizando a nova técnica e 127 inseridos à mão livre. Algoritmo de Kaplan-Meier e teste de regressão de Cox foram realizados para

detectar os resultados clínicos pertinentes. O grupo controle planejou 127 implantes baseados em imagens tomográficas, mas a implantação foi a mão livre e o grupo teste planejou 66 implantes utilizando um programa de computador específico (Implant 3D Software Media-Lab co. La Spezia, Itália) e transferiu esse planejamento aos modelos de gesso utilizando um paralelômetro específico chamado Ray-Set (Biaggini Medical Devices, La Spezia, Itália). Esse dispositivo tem a capacidade de inserir os dados gerados no computador em um guia cirúrgico. Foram perdidos sete implantes, todos no grupo controle (a mão livre). Os autores concluem que essa técnica de transferência de dados virtuais para o campo cirúrgico é confiável e possui resultados clínicos melhores que a técnica a mão livre (Danza & Carinci, 2010).

Em 2009, Schneider et al. realizaram uma revisão sistemática com o objetivo de analisar a literatura a respeito da precisão e aplicação clínica das cirurgias de implantes planejadas em computador e baseada em guias. Dos 3120 artigos levantados apenas 8 atendiam aos critérios de inclusão para se analisar a precisão da técnica e em apenas um não se utilizava tecnologia CAD/CAM para se transportar o planejamento virtual para o campo operatório. Não foi encontrada diferença significativa na precisão de instalação de implantes entre os tipos de fabricação e forma de apoio dos guias cirúrgicos. Os autores concluíram que muitas complicações relacionadas a essas técnicas foram observadas. Os desvios médios das posições dos implantes foram baixos, mas os desvios máximos foram altos e que mais trabalhos devem ser realizados para estabelecer a segurança desta técnica (Schneider et al., 2009).

### **3. PROPOSIÇÃO**

Avaliar a precisão de uma técnica de planejamento virtual e cirurgia guiada em implantodontia em que a confecção do guia cirúrgico é realizada em laboratório, analisando apenas um dos passos do processo: a instalação das anilhas nos guias radiográficos, transformando-os em guias cirúrgicos.

#### 4. MATERIAL E MÉTODO

Seis mandíbulas (figura 01) humanas foram solicitadas junto ao setor de Anatomia Humana da Universidade Federal de Uberlândia, após a aprovação do Comitê de Ética e Pesquisa em Humanos (Nº. 523/10). Anexo 01.

As mandíbulas foram submetidas à moldagem direta com alginato (Alginato jeltrate plus, Dentsply, Petrópolis, Brasil) e o molde foi vazado com gesso tipo IV (Durone IV, Dentsply, Petrópolis, Brasil) na região dos dentes e gesso tipo pedra na base dos modelos, produzindo um modelo para cada mandíbula.



Figura 01 – Seis mandíbulas secas humanas proveniente do setor de anatomia humana da Universidade Federal de Uberlândia

Os modelos receberam alívios nas regiões retentivas e foram levados a uma plastificadora a vácuo (Plastvac, Bioart, São Carlos-SP, Brasil) (figura 02), onde foi realizada uma impressão de cada modelo em placa de acetato (Essence Dental, São Paulo-SP, Brasil), a qual foi recortada em nível das cervicais das coroas dentárias (Figura 03).