

O uso da prototipagem na odontologia

Autor(a): Deborah Skaff Zaidan

UNICAMP
PIRACICABA
2010

Deborah Skaff Zaidan

O uso da prototipagem na odontologia

Monografia apresentada ao curso de
Odontologia da Faculdade de Odontologia de Piracicaba –
Unicamp, para obtenção do Diploma
de Cirurgião- Dentista.

Orientador: Prof. Dr. Márcio de Moraes
Co- orientador: Prof. Renato Sawazaki

Piracicaba 2010

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA**
Bibliotecária: Elis Regina Alves dos Santos – CRB-8ª. / 8099

Z13u	Zaidan, Deborah Skaff. O uso da prototipagem na odontologia / Deborah Skaff Zaidan. -- Piracicaba, SP: [s.n.], 2010. 43f. Orientadores: Márcio de Moraes, Renato Sawasaki. Monografia (Graduação) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba. 1. Cirurgia bucal. I. Moraes, Márcio de. II. Sawasaki, Renato. III. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Odontologia de Piracicaba. IV. Título. (eras/fop)
------	---

Dedico este trabalho,

Aos meus pais, Ricardo e Geisa, e ao meu
irmão, Tiago, pelo amor,
apoio e dedicação.
Ao meu namorado, Marcelo,
pelo carinho e
companheirismo.

Agradecimentos,

Aos colegas da Graduação da FOP-Unicamp do ano de 2007, pela amizade, companheirismo, convivência e por todas novas amizades.

Ao Prof. Dr. Renato Sawasaki pela paciência e apoio para a realização deste trabalho.

RESUMO

O restabelecimento funcional, estético e a harmonia do sistema estomatognático são objetivos da reabilitação oral. A integração de condutas clínicas, associada aos procedimentos cirúrgicos, protético e restaurador, são de grande importância desde a fase do planejamento, durante as suas etapas laboratoriais, até execução clínica do caso. Recentemente, sistemas computadorizados associados à tecnologia de prototipagem rápida são utilizados para melhorar o planejamento e permitem a simulação cirúrgica, facilitando a comunicação entre o profissional e o paciente.

O presente trabalho tem como objetivo fazer uma revisão de literatura descrevendo os benefícios, vantagens e desvantagens de modelos de prototipagem para o planejamento e redução de tempo em cirurgia.

Palavras- chave: Prototipagem, implantes, odontologia

ABSTRACT

Restoring functional, aesthetic and harmony of the stomatognathic system are goals of oral rehabilitation. The integrations of clinical, associated surgical procedures, prosthetic and restorative, are of great importance since the planning phase, during their laboratory steps up enforcement of the clinical case. Recently, computerized systems associated steps up enforcement of the clinical case. Recently, computerized systems associated with rapid prototyping technology are used to improve planning and allow for surgical simulation, facilitating communication between practitioner and patient.

This paper aims to review the literature describing the benefits, advantages and disadvantages of prototyping models for planning and reduction of time in surgery.

Keywords: Prototyping, implants, dental

Sumário

	Página
1-Introdução	09
2-Revisão de Literatura	12
3-Discussão.....	30
5-Conclusão	36
6-Bibliografia.....	37

1. INTRODUÇÃO

A Prototipagem Rápida (PR) tem sido alvo de grande interesse e muitos estudos têm sido realizados nos últimos anos por ser considerada uma tecnologia do futuro com um tremendo potencial para ser aplicada nos mais diversos sectores industriais. É hoje em dia um instrumento imprescindível ao desenvolvimento de novos produtos em setores tão distintos como a indústria automóvel e aeronáutica, brinquedos, cerâmica ou plásticos. (LINO et al., 2001)

Estas características não passaram despercebidas aos designers que viram nesta tecnologia a possibilidade de criar formas mais elaboradas ou complexas, que muitas vezes eram um elemento castraste na projecção de produtos/objetos, já que estes tipos de formas eram impossíveis de realizar, ou acarretavam custos de produção elevados ou mesmo proibitivos. (GIBSON, 2005)

Com o passar do tempo a tecnologia chegou aos consultórios odontológicos e já é uma das principais aliadas dos cirurgiões-dentistas na hora de elaborar tratamentos ou planejar cirurgias. O uso de imagens geradas por Tomografia Computadorizada (TC) ganha o espaço das radiografias e fornece material capaz de gerar modelos tridimensionais em tamanho real dos dentes, ossos e estruturas associadas. (YAN, 1996)

Através da Prototipagem Biomédica Rápida, método no qual equipamentos específicos são capazes de reconstruir em resinas ou outros materiais um modelo tridimensional dos reparos anatômicos do paciente por meio da tomografia computadorizada, temos como planejar e realizar a cirurgia previamente no protótipo, antes de realizarmos no paciente o ato cirúrgico propriamente dito. Temos ainda como confeccionar guias cirúrgicos de extrema precisão sobre os implantes instalados nos protótipos, guias justa ósseos e, por fim, construir as estruturas metálicas das próteses para serem ajustadas após a cirurgia real. (NIGRO et al., 2006)

O processo de reabilitação bucal por meio do uso de implantes vem se desenvolvendo muito ao longo dos anos. Desde a introdução do conceito da osseointegração por Branemark et al (1985) em meados dos anos 60 até a re-introdução do conceito da aplicação de carga imediata, em meados dos anos 90 muito se avançou. Esta evolução está ligada a vários fatores, entre eles podemos citar: o aprimoramento das técnicas originalmente desenvolvidas, a compreensão dos fatores biológicos e físicos envolvidos e principalmente à incorporação de novas tecnologias que visam oferecer maior segurança e previsibilidade a reabilitação do paciente.

Na Implantodontia, a necessidade de prever resultados diante de situações críticas tornou-se uma rotina desafiadora, especialmente, quando a condição clínica e radiográfica do paciente conduz ao diagnóstico de edentulismo total seguido de atrofia severa da maxila. Nesta situação, o remanescente ósseo apresenta-se inadequado para a instalação de implantes osseointegrados ou, simplesmente, não existe. (GOMIDE, 2000)

A Implantodontia Oral encontra-se em desenvolvimento constante, o fenômeno da osseointegração foi descrito inicialmente em 1969 e devidamente comprovado quanto ao sucesso e longevidade. Os atuais desafios têm a ver com alternativas para um planejamento preciso e brevidade na instalação de carga sobre os implantes, em fases prematuras de osseointegração. (BRANEMARK, 1969)

Os implantes, a partir de Brånemark, alcançaram índices de sucesso bastante satisfatórios, apoiando-se na técnica original de dois estágios. De toda forma, a demanda por altos índices de sucesso e reabilitações de pacientes em menores prazos têm impulsionado a pesquisa e a indústria no desenvolvimento de produtos, procedimentos e tecnologias inovadoras. (BLANCHET, 2004)

Na odontologia, os biomodelos, protótipos biomédicos obtidos a partir de imagens de tomografia computadorizada (TC), ressonância magnética e ultrassonografia, permitem a mensuração de estruturas, auxiliam no diagnóstico precoce e, simulam um completo planejamento dos mais diversos tipos de cirurgia (JAMES *et al.*, 1998). Isto tende a reduzir o tempo do procedimento

cirúrgico e, havendo ainda melhora no resultado e a diminuição no custo global do tratamento (PECKITT, 1999 e SAILER *et al.*, 1998).

A utilização da prototipagem teve início na década de 80 e vem se tornando popular na área da saúde; na odontologia são utilizados principalmente na área da cirurgia e traumatologia buco-maxilo-faciais e na implantodontia. Os modelos impressos auxiliam o profissional no diagnóstico e planejamento cirúrgico, aumentando a precisão e rapidez dos procedimentos, reduzindo riscos cirúrgicos, tempos e custos hospitalares, além de estimular a confiança do paciente. (HOPKINSON, 2006)

1.1 Objetivos

A proposta deste trabalho é fazer uma revisão bibliográfica retrospectiva da metodologia da prototipagem com aplicação em implantes, procedimento em que se tem sido usada, como ênfase.

2- REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Como surgiram os protótipos

Rodrigues (2004) descreveu que em 1952, na Suécia, o professor Branemark fez uma descoberta, demonstrando que sobre condições controladas, o titânio podia ser estruturalmente integrado ao osso vivo com um perfeito grau de previsibilidade e sem inflamação, denominando-se osseointegração.

Adell em 1987 em estudos longitudinais primeiramente conclui que quantidade e a qualidade eram fatores determinantes no sucesso dos implantes. Posteriormente em novo estudos concluiu que além dos fatores visto anteriormente o planejamento protético-cirúrgico e a técnica cirúrgica determinariam para o sucesso dos mesmo. A inserção do implante limitava-se a um procedimento cirúrgico ou quando muito na análise dos modelos que inicialmente seria cópias das áreas a serem implantadas e serviam de apoio, para analisar forma do rebordo, distribuição dos implantes e incisões.

Tessare et al.(2006) descreveram que até anos atrás o cirurgião dentista possuía apenas um meio de se obter modelos na boca de seus pacientes: através da moldagem direta. Já nos dias de hoje a técnica de prototipagem permite a construção de um modelo, a partir de programas de computador, com fidelidade absoluta ou com alterações desprezíveis. Está técnica de confecção de protótipos foi criada na engenharia industrial há cerca de duas décadas visando, o auxilio de equipes de engenharia simultânea na visualização, montagem e teste. A técnica de prototipagem foi posta no meio odontológico no ano de 1991,os primeiros modelos de partes do corpo humano,foram feitos com a finalidade de estudos e depois com finalidade cirúrgica.

Por se tratar de uma tecnologia relativamente nova ainda não existe um consenso sobre a nomenclatura ideal. Os nomes comumente utilizados são: fabricação por camadas (layer manufacturing), impresssão tridimensional tridimensional printing, fabricação de formas livres e prototipagem rápida (rapid

prototyping) 20. A terminologia mais aceita é a prototipagem rápida, pois a primeira aplicação desta tecnologia foi para a fabricação de protótipos. (CHILVARQUER et al., 2004)

A Prototipagem Rápida é uma tecnologia que possibilita produzir modelos e protótipos diretamente a partir do modelo sólido 3D gerado no sistema CAD. Estes sistemas geram a peça a partir da união gradativa de diferentes fases de materiais. Camada por camada, a partir de seções transversais da peça obtidas a partir do modelo 3D, as máquinas de prototipagem rápida produzem peças em plásticos, madeira, cerâmica ou metais. Os dados para as máquinas de prototipagem são gerados no sistema CAD no formato STL , que aproxima o modelo sólido por pequenos triângulos ou facetas. Um vez que o arquivo STL é gerado, as demais operações são executadas pelo próprio software que acompanha as máquinas de prototipagem rápida. Basicamente estes softwares irão, além de operações básicas de visualização, gerar as seções transversais do modelo que será construído. Tais dados são então descarregados para a máquina que irá depositar as camadas sucessivamente até que a peça seja gerada (CARVALHO,1999). A prototipagem rápida pode ser baseada em uma de três tecnologias distintas, a Estereolitografia, a Sinterização Seletiva a Laser e a Modelagem por Fusão e Deposição. (BERRY, 1997)

A estereolitografia (SLS) constrói o protótipo pela polimerização de uma resina líquida fotocurável por meio da incidência de luz ultravioleta gerada através de um raio laser. A solidificação é feita camada a camada e este processo permite a obtenção de peças com boa transparência e excelente acabamento superficial. (Figura 1)

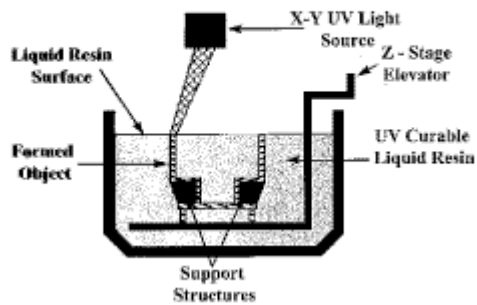


Figura 1 - Processo de Estereolitografia (SLA – 3D Systems Inc.).
 ((<http://www.3dsystems.com/>)

O sistema de Sinterização Seletiva a Laser (SLS) permite a construção de modelos físicos utilizando materiais na forma de pó. O pó é processado em um ambiente inerte e termicamente controlado no interior de uma câmara até atingir a temperatura de fusão (sinterização) por ação de um laser de CO₂. Depois que uma camada é sinterizada uma nova é depositada e assim sucessivamente. Sua grande vantagem é a variedade de materiais que podem ser utilizados. (Figura 2)

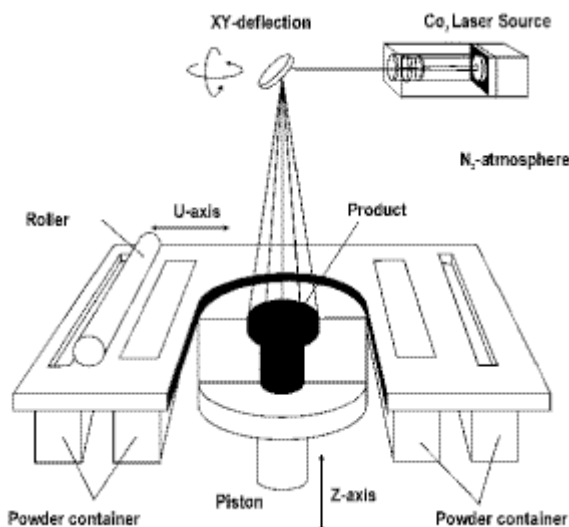


Figura 2 - Processo de Sinterização Seletiva (SLS – DTM Corp.).
 ((http://www.dtm-corp.com/Technology/sls_process.htm)

Na Manufatura de Objetos Laminados (LOM), camadas de material em forma de fitas cobertas com adesivo são ligadas para formar um protótipo. O material original consiste em papel laminado com cola ativada pelo calor e enrolada em carretéis. Então, um rolo aquecido aplica pressão para unir o papel à base. Um laser focalizado corta o contorno para facilitar a remoção durante o pós-processamento. Depois que a primeira camada é cortada, a plataforma se afasta do caminho e o material fresco é alimentado. O rolo une a segunda camada à primeira, e o laser corta a segunda camada. Este processo é repetido tantas vezes quando necessário. (Figura 3) (HOTZA, 2009)

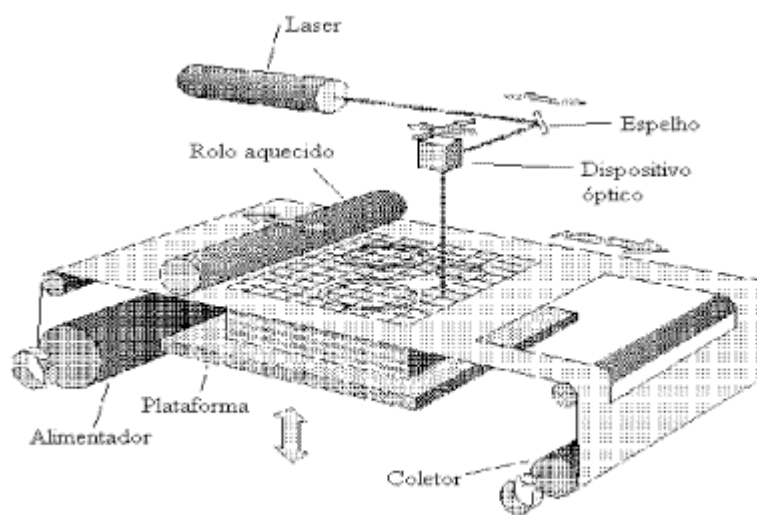


Figura 3 - Processo LOM. (<http://helisys.com/>)

Bruscato (2007) relatou que o desenvolvimento de programas de computador usados e a criação de protótipos foram primeiramente utilizados na medicina e posteriormente na odontologia. Após a segunda guerra mundial, foram criados programas de computador com a finalidade de auxiliar a industrialização, o que levou o progresso da tecnologia de imagem e o desenvolvimento de softwares que deixavam menos difíceis as modalidades digitais da medicina, principalmente com o surgimento da tomografia computadorizada em 1972.

2.2 O processo de prototipagem com implantes

Segundo Palm (1998), o termo prototipagem rápida (PR) refere-se a uma classe de tecnologias que pode automaticamente construir modelos físicos a partir de dados de um projeto auxiliado por computador.

Na década de 90, o rápido desenvolvimento tecnológico, no âmbito da Engenharia, proporcionou um avanço expressivo dos sistemas CAD *Computer Aided Design*, que envolvem a obtenção de projetos (protótipos virtuais) auxiliada pelo computador. A integração da tecnologia CAD à Imaginologia amplia as possibilidades de manipulação das imagens virtuais de estruturas anatômicas. Os dados obtidos a partir de TC, ressonância magnética (RM) ou ultra-sonografia (US), podem ser transferidos para *softwares* especiais de computação gráfica do sistema CAD, que executam o processamento das informações. (BESANT, 1985)

A utilização do conceito de planejamento reverso na Odontologia contemporânea ampliou a aplicação dos exames imaginológicos no diagnóstico e tratamento cirúrgico de diversas deformidades bucodentofaciais.

Uma das tecnologias mais modernas para auxílio no planejamento da colocação de implantes é a prototipagem rápida. Esta técnica permite a confecção de modelos físicos a partir de dados coletados por tomografia computadorizada. Para situações extremas, como por exemplo, reabsorções extensas de mandíbula e maxila e necessidade de enxertia óssea prévia ou concomitante à colocação de implantes. Alguns softwares permitem a manipulação de imagens captadas pelo tomógrafo, executando a reconstituição das mesmas em três dimensões na tela do computador.

Na odontologia, esse modelo em tamanho real da estrutura óssea da face torna mais fácil para o cirurgião perceber sua real complexidade. O material pode ser usado para planejar e ensaiar a cirurgia, até antes da colocação da prótese. O resultado final do protótipo materializado, através de um software que, com as informações da tomografia computadorizada, criam peças físicas – biomodelos – com uma espécie de resina de acabamento preciso de qualquer forma, dimensão final e com complexidade em detalhes.

A técnica da prototipagem rápida permite que o profissional tenha em suas mãos uma réplica real da imagem que ele vê virtualmente na tela do computador (figura 4), permitindo assim a simulação da instalação dos implantes (figura 5) e a confecção de guias que permitem a transferência do posicionamento planejado para o ato cirúrgico. (IPLINKCIOGLU et al., 2002)



Figura 4- Estereolitografia de mandíbula

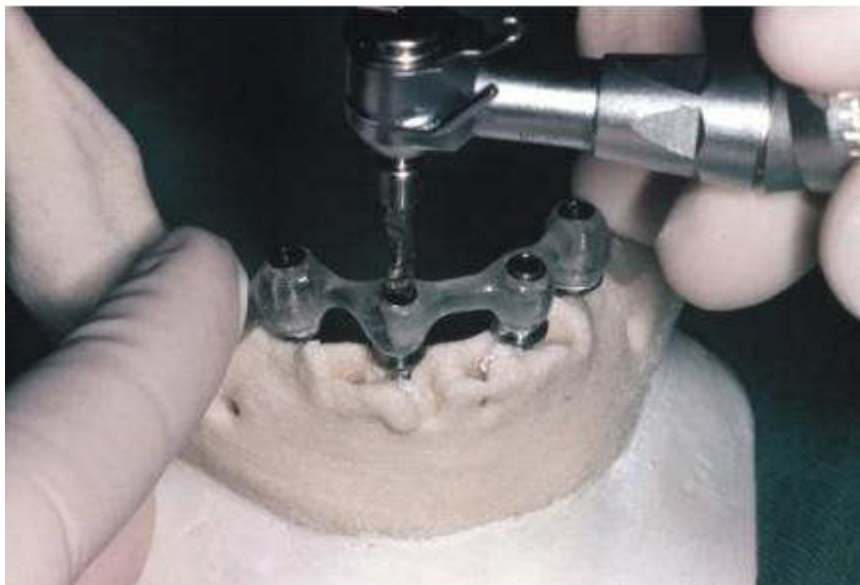


Figura 5- Colocação dos implantes na estereolitografia

O planejamento dos implantes dentários osteointegrados são fundamentais para o sucesso da reabilitação oral, seja esta simples ou complexa. Em busca de planejamentos cada vez mais precisos, novas técnicas e tecnologias estão sendo introduzidas na Implantodontia. Com o avanço nas técnicas radiográficas podemos avaliar as limitações anatômicas, qualidade e quantidade óssea e transferir estas informações para o ato cirúrgico. O planejamento virtual dos implantes realizados por meio de software com base nos dados de tomografia computadorizada (CT) permite a seleção de um excelente local para o posicionamento do implante. (COOPER, 2001)

Com a confecção de um protótipo da região que irá receber o implante podemos confeccionar guias justa ósseos que irão auxiliar o cirurgião no momento da cirurgia, minimizando os riscos. Os guias cirúrgicos são confeccionados para permitir o uso contínuo das brocas para implante sem mudança, durante a cirurgia, da angulação planejada. O uso de guias em esteriolitografia faz com que ocorra uma transferência física do planejamento cirúrgico direto para o campo operatório. (TAN et al., 2003)

A confecção de implantes personalizados para reconstrução cirúrgica buco-maxilo-facial é, sem dúvida, um dos grandes avanços proporcionados pela prototipagem rápida. (STOKER et al., 1992) Nos processos indiretos são gerados moldes com as quais são construídos os implantes em seu material final, enquanto que nos diretos o implante é obtido no material desejado, sem processos subseqüentes. As guias de auxílio à perfuração ou osteotomias podem ser produzidas diretamente em um dos processos anteriormente citados (SLS, FDM, SLA). (CHUA et al., 2004)

Em 2004 Muller et al demonstraram um estudo sobre a técnica de enxerto com o uso da crista de íliaco, para aumento do rebordo de pré-maxila em altura, espessura e levantamento do assoalho do seio maxilar, em paciente edentado total superior com atrofia maxilar severa, com a finalidade de posterior instalação de implantes osseointegrados é de grande sucesso, sendo porém, uma cirurgia traumática para o paciente. Para conseguirmos a diminuição desta agressão usamos, para fazer a remoção do enxerto, uma

matriz que foi obtida a partir do uso de uma prototipagem estereolitografia; com esta matriz conseguimos a remoção seletiva da quantidade de osso, abreviando o tempo cirúrgico, diminuindo a agressão ao paciente e tendo menor possibilidade de contaminação das áreas cirúrgicas, obtendo, desta forma, um pós-operatório com menor inflamação e uma cicatrização mais rápida.

Na implantodontia, a necessidade de prever resultados diante de situações críticas tem se tornado uma rotina desafiadora. Especialmente, quando a condição clínica e radiográfica do paciente conduz ao diagnóstico de edentulismo total seguido de atrofia severa da maxila. É essencial a minimização das variáveis cirúrgico-protéticas, por meio de um planejamento reverso fidedigno. A prototipagem rápida tem se constituído em um recurso de grande importância para o planejamento cirúrgico-protético de situações de alta complexidade, como às vivenciadas na implantodontia contemporânea. O estudo diagnóstico com o uso dos biomodelos pode ser recomendado, pois, reduz o custo global do tratamento, elimina erros clínicos potenciais e conduz a melhores resultados. (CHOI, 2000)

Em 2006 Curcio realizou um estudo sobre uma nova técnica de reabilitação de mandíbulas edêntulas com implantes osseointegrados, em função imediata, confeccionando a prótese fixa final, no mesmo dia. Métodos: Foi realizado um estudo prospectivo em 14 pacientes com um total de 56 implantes colocados, foi proposta uma técnica de reabilitação de mandíbulas edêntulas com implantes osseointegrados, em função imediata, utilizando biomodelos, confeccionados a partir dos dados da tomografia computadorizada, no planejamento reverso, confeccionando a prótese fixa final, com união rígida dos implantes, no mesmo dia. Os biomodelos dos pacientes foram divididos em dois grupos. Um deles composto pelos pacientes com biomodelos edêntulos e aqueles confeccionados após exodontia (grupo 1). O outro (grupo 2) composto pelos pacientes com biomodelos dentados, sendo avaliada a dificuldade do procedimento, quanto a cirurgia e a prótese. A técnica proposta do uso da prototipagem biomédica na personalização da função imediata nas mandíbulas apresentou 100 por cento de taxa de sucesso nas próteses e 98,2 por cento de sucesso nos implantes e o tempo do

procedimento foi de 7 a 10 horas. Conclui-se a técnica proposta é viável, podendo ser executada no mesmo dia, com a finalização da estrutura protética final.

Em 2007 Curcio et al demonstraram um estudo sobre reabilitação de mandíbulas edêntulas com implantes osseointegrados, em função imediata, utilizando biomodelos no planejamento inverso. métodos: Foi realizado um estudo prospectivo em 14 pacientes com um total de 56 implantes colocados, em que foi proposta uma técnica de reabilitação de mandíbulas edêntulas com implantes osseointegrados, em função imediata, utilizando biomodelos, confeccionados a partir dos dados da tomografia computadorizada, no planejamento inverso, confeccionando a prótese fixa final, com união rígida dos implantes, no mesmo dia. Os biomodelos dos pacientes foram divididos em dois grupos. Um deles composto pelos pacientes com biomodelos edêntulos e aqueles confeccionados após exodontia (grupo 1). O outro (grupo 2) composto pelos pacientes com biomodelos dentados, sendo avaliada a dificuldade do procedimento, quanto a cirurgia. A técnica proposta do uso da prototipagem biomédica na função imediata nas mandíbulas com biomodelos edêntulos teve 100,0 por cento de menor dificuldade na adaptação da guia cirúrgica, enquanto os biomodelos dentados apresentaram 83,3 por cento de maior dificuldade. Conclui-se o biomodelo no planejamento inverso de reabilitações orais teve 100,0 por cento de menor dificuldade em comparação com os protótipos dentados 83,3 por cento de maior dificuldade.

2.3 Os guias de prototipagem

Freitas (2005) afirmou que a utilização da prototipagem a partir de tomografias computadorizadas é de grande valia, pois permitem uma visualização tridimensional das estruturas anatômicas complexas da face e cavidade oral, facilitando o planejamento reverso e ainda diminuindo o tempo cirúrgico. No caso específico de implantação em área do osso zigomático, possibilita o estudo apurado do grau de atrofia óssea do remanescente alveolar e do potencial da ancoragem do osso zigomático. O sistema de prototipagem rápida teve início em 1987 com o processo de estereografia, com atuação na

área industrial com o objetivo de melhorar a qualidade dos produtos. Por volta dos anos 90 iniciou-se, na Bélgica, o desenvolvimento dos protótipos médicos e posteriormente na área da odontologia.

Muerner et al (2003) relataram que o aparelho de estereolitografia é formado a partir de um recipiente contendo resina líquida fotopolimerizável. Neste processo, um feixe de laser ultravioleta polimeriza seletivamente as camadas líquidas da resina fotocurável a base de epóxi ou acrílico até que o biomodelo seja completamente construído. Após a construção, do guia vai para o pós-processamento que neste sistema inclui a polimerização em um forno ultravioleta por uma hora. Esta é uma tecnologia altamente precisa para produção de guias cirúrgicos, pois são de resina transparente, tornam-se translúcidos após a polimerização.

O estudo apresentado sugere o uso da prototipagem com aplicabilidade técnica em diagnósticos e planejamento aplicados em cirurgia maxilar. Os autores afirmam que o pré-cirúrgico convencional manipula a obtenção de dados pela radiografia e panorâmicas tradicionais. Os gráficos dimensionais manipulam determinados coeficientes que são examinados nas mudanças faciais. É possível que as técnicas tridimensionais, de acordo com os autores, simulem com mais eficácia os procedimentos cirúrgicos.

ROSA et al (2004) afirmam que a prototipagem é uma técnica usada para produzir modelos em imagens digitalizadas assim como a tomografia computadorizada.

Para os autores, a prototipagem na cirurgia segue por dois estágios: o virtual, simulando o trajeto do implante, e o físico que é a fabricação do modelo de prototipagem que consiste em usar o processo de imagem como ferramenta de constituição de dimensões físicas ao longo da cirurgia.

Os autores aduzem que a essa dimensão física da prototipagem constitui um modelo criado no computador e construído passo a passo ao longo de outros modelo prévios. Essa tecnologia aplicada na cirurgia guiada teve resultados positivos.

ROSA et al (2004) realizaram um estudo em outubro de 2001 com um paciente que se submetera a várias cirurgias de maxilo no ambulatório do Hospital de Brasília. O paciente teve uma queda do cavalo e o animal pisou-lhe a face provocando uma severa deficiência na abertura bucal. Ao longo das cirurgias o limite da abertura fora retomando o movimento natural da mandíbula. O seu maxilo foi aberto em 5mm de acordo com as imagens reconstruídas a partir dos modelos da prototipagem gravados nas incisões realizadas para recuperar o paciente das seqüelas. Os autores expõem que a cirurgia incluiu a simulação e os procedimentos triviais a partir dos protótipos moldados na estrutura óssea

Chilvaquer et al. (2003) concluíram em estudo que a previsibilidade dos guias estereolitográficos é de extrema importância no que se refere o planejamento de cirurgias avançadas de enxertos autógenos. Com a utilização de um protocolo de captura tomográfica em alta resolução, percebeu-se que a discrepância obtida entre o modelo estereolitográficos e o leito cirúrgico encontrado foi de pouca significância, gerando uma adaptação do enxerto ao leito receptor bastante confiável e ainda permitindo uma redução do tempo de intervenção cirúrgica.

O diagnóstico de pacientes no pré-operatório particularmente em casos complexos costuma ser um investimento alto, geralmente em fase de reabilitação. A longo prazo, a reabilitação é a reconstrução cirúrgica de causas congênitas, acidentes os quais oportunizaram conseqüências para o maxilo.

MEUER et al (2008) demonstraram que a prototipagem nos eventos cirúrgicos inovam os conceitos de reabilitação, apontando possíveis soluções em um tempo mínimo. Os protótipos adotados detectam as correções necessárias e reconstroem o objeto da reabilitação com estruturas anatômicas, manipuladas em um programa computadorizado, pela prototipagem rápida.

O processo de prototipagem garante intensa interação com a tecnologia e o processo de imagem. A cirurgia guiada com a prototipagem explora a informação aos cuidados de radiologistas específicos.

O estudo elaborado por MEUER et al (2008) apresenta as ferramentas necessárias ao processo de cirurgia guiada com a prototipagem e a integração de ambos com os cirurgiões e especialistas em radiologia em prol dos resultados: as imagens que constituirão a prévia e a duração do procedimento cirúrgico.

A prototipagem, para esses autores, é um processo que reduz o custo da cirurgia e elimina fases de risco para o paciente. A manipulação, conversão e trabalho das imagens irão compor informações importantes para a qualidade de tempo e de procedimento dos profissionais.

MEUER et al (2008) afirmam que a visualização direta da reconstrução do objeto requer a simulação de estrutura osteoanatômicas como prévia das aplicações de técnicas cirúrgicas. A prototipagem, para os autores, previne estágios em que há riscos de infecção para o paciente. Os procedimentos cirúrgicos obtêm produções úteis para os implantes protéticos.

Lierde et al. (2002) afirmaram que a técnica de prototipagem permite a construção de guias cirúrgicos personalizados na evidenciação de discrepâncias maxilomandibulares ,ou seja permite a duplicação morfológica de estruturas anatômicas complexas em escala real de 1:1 ,com visualização tridimensional, tornando-se totalmente fidedigna.

Os resultados publicados neste estudo informaram que os implantes tem 98% dos resultados positivos quando há estabilidade no tratamento, evitando riscos e inconveniências maiores aos pacientes, desconforto. Quando se reduz o tempo da cirurgia, o implante passa a ser considerado um tratamento avançado e com mais predados ao atendimento do paciente que opta por esse processo de reabilitação.

CURCIO et al (2007) aplicaram a prototipagem aliada ao implante, com tecnologia computadorizada e observação das imagens ao longo do tratamento do paciente. A prototipagem, de acordo com esses autores, baseia-se no uso físico de biomodelos (protótipos) que geram um modelo virtual, o qual percorrerá toda a cirurgia no implante da prótese.

Para os autores, a perspectiva clínica do estudo foi reabilitar por implantes mandíbulas edêntulas por imagens de protótipos. A técnica com a prototipagem rápida permitiu a identificação do volume de cada espaço da mandíbula e a oclusão de todos os pacientes.

O sistema adotado foi o CAD – tridimensional – e a produção dos modelos duplicou estruturas baseada em estruturas anteriores, pré-moldadas pelo sistema.

Os implantes orais são extensões restauradoras que direcionam as angulações das próteses de acordo com os métodos adotados na prototipagem. Durante o implante, a posição das próteses segue os modelos visualizados nos ortopantogramas ou CT, ou seja, as imagens escaneadas do arco dentário. Para facilitar o implante, os profissionais adotam diversas imagens intraoperativas, as quais focam a otimização na cirurgia guiada.

CURCIO et al (2007) afirma que os pacientes dênulos com dentes remanescentes ou extraídos apresentaram infecção ou distorção da prótese nos casos em que a prototipagem rápida não foi adotada. Já na cirurgia guiada os implantes realizados na região modelada, respeitaram os espaços no processo cirúrgico, obtendo resultado pleno. A parte da ação cirúrgica prevista no programa designou o modelo ao implante, estabilizando a mandíbula do paciente. A estabilidade da mandíbula dos edêntulos foi o objetivo projetado, considerando pela prototipagem os ajustes menores até toda a interface pós-operatória.

JUODZBALYS et al (2004) afirmam que otimizar o implante nos casos da cirurgia guiada facilita o estudo a partir de modelos e radiografias. Sem essas informações há dificuldade de manter um planejamento cirúrgico mais adequado.

As imagens impressas foram trabalhadas e preparadas com três meses de antecedência para serem projetadas no evento cirúrgico. As réplicas dos implantes foram calculadas a partir da borda inferior.

A maioria dos implantes, para os autores, relaciona-se com os ângulos de 10°. Ao designar as imagens dos protótipos para análise é possível otimizar

a cirurgia. O estudo foi realizado em 7 (sete) pacientes: 4 (quatro) homens e 3 (três) mulheres. Esses implantes foram realizados a partir de protótipos. Depois de verificadas as dimensões, angulações e o número de implantes simultâneos, a cirurgia foi realizada elevando o mucoperiosteal e visualizando a estrutura óssea onde é realizada uma intervenção para o implante do pino. A distancia essencial foi mantida dos canais mandibulares à gengiva lateral.

2.4 A prototipagem na odontologia

De modo bastante significativo, os avanços tecnológicos têm contribuído para o aperfeiçoamento das técnicas diagnósticas, favorecendo o planejamento terapêutico. Essa premissa fica particularmente clara, quando se observa a crescente integração de tecnologias distintas como aquisição de imagens biomédicas, computação gráfica e prototipagem rápida, resultando na reprodução de uma região anatômica de interesse, por meio de um modelo físico. (ALDER 1996)

Segundo Ferreira *et al.* (2001), as tecnologias de prototipagem rápida se dividem em duas categorias principais: os métodos com remoção de material e com adição de material. A primeira requer um processo no qual uma ferramenta ‘subtrai’ material, através da utilização de uma variedade de diferentes tipos de fresas, geralmente de um bloco de madeira ou espuma, que é gradualmente reduzido para a réplica física do modelo original desenhado em CAD. No segundo caso, o modelo físico é construído sequencialmente, uma camada sobre a outra, até formar uma cópia analógica de seu original digital em CAD.

Segundo Grimm (2003) o mercado vem obrigando as empresas a lançar novos produtos em cada vez menos tempo. Para atender a esse anseio do mercado, as indústrias podem lançar mão de estratégias para reduzir o tempo de desenvolvimento e uma dessas estratégias pode ser o emprego das tecnologias de prototipagem rápida, reduzindo ainda o risco do desenvolvimento.

Apesar das imagens virtuais fornecerem informações indiscutivelmente elucidativas, persiste certa distância entre a visualização do modelo no monitor de vídeo e o manejo das estruturas anatômicas “reais”, no momento da cirurgia. No intuito de aperfeiçoar ainda mais o diagnóstico e o plano de tratamento, as imagens geradas no computador podem ser exportadas para estações de biomodelagem ou prototipagem rápida (PR) que, utilizando o sistema CAM , fabricam biomodelos sólidos (protótipos reais), a partir de um modelo virtual, gerado no sistema CAD. (BONTRAGER 1999)

O advento da tomografia computadorizada (TC), incluindo as imagens tridimensionais, forneceu maior objetividade à interpretação de exames, não sendo mais necessária, ao radiologista e ao cirurgião, a reconstrução mental subjetiva de vários cortes tomográficos. Na Cirurgia e Traumatologia Bucomaxilofacial (CTBMF), particularmente, a definição da terceira dimensão torna-se necessária pela complexidade anatômica específica desta região. (SANNOMYA 2002)

A prototipagem rápida é uma tecnologia que possibilita a produção de modelos e protótipos a partir de um sistema CAD (computer-aided design). Ou seja, permite a duplicação morfológica de estruturas anatômicas em escala real de 1:1, obtidas por meio de exames como tomografia computadorizada (TC), ressonância magnética e ultra-sonografia produzindo os chamados biomodelos. (D'URSO 1998)

A prototipagem permite criar acessórios e dispositivos de ancoragem esquelética individualizados de acordo com a necessidade de cada paciente e seguindo a sua anatomia. O tracionamento ou avanço da maxila, por exemplo, pode ser realizado por um processo alternativo com ancoragem esquelética, confeccionando-se placas específicas a partir dos protótipos. Com estas pequenas placas, os impactos em outros dentes são diminuídos. (WOHLERS 2004)

Prototipagem rápida é uma tecnologia relativamente nova capaz de reproduzir fisicamente em vários tipos de materiais, um modelo virtual, representado na forma de dados em um computador. O objetivo é obter um modelo físico com as mesmas características geométricas do virtual podendo

este ser manipulado para vários fins. Uma das aplicações que tem despontado como altamente promissora é a reprodução de estruturas anatômicas, através da aquisição de imagens por equipamentos de imagens médicas, obtendo-se, assim, os chamados biomodelos para auxílio à cirurgia. (GOMIDE 2000)

Os modelos de protótipos ajudam na comunicação com o paciente. Com o protótipo fica mais fácil explicar como será o procedimento. Além disso, é possível planejar cirurgias ortognáticas, por exemplo. Com o tratamento individualizado, o tempo do procedimento é reduzido em até 50%. A rapidez no processo cirúrgico influencia o pós-operatório, que passa a ser menos incômodo e com menos riscos de infecções. (MEURER, 2002)

Como alternativa, surgiram no mercado, protótipos oriundos de outros sistemas de biomodelagem, como a Sinterização Seletiva a Laser (SLS) e a Impressão Tridimensional (3DP™), que confeccionam biomodelos em menor tempo, com custo menos elevado. Entretanto, estas tecnologias necessitam ser testadas quanto à precisão dimensional dos protótipos com finalidade biomédica. (SACHS, 1992)

Gondak, Gondak e Zluhan (2005) destacam ainda como pontos fortes a redução substancial do tempo de lançamento do novo produto no mercado, em razão da diminuição da necessidade de testes e do retrabalho, e a melhoria na manufaturabilidade e a redução de custos no projeto de produtos, pelo fato do protótipo rápido auxiliar a revelar as deficiências e lacunas existentes nos processos de manufatura.

Os protótipos biomédicos apresentam grande potencial na escolha de novas abordagens terapêuticas, muitas vezes alternativas aos tratamentos atuais. A utilização desses protótipos no Brasil ainda é restrita, particularmente por causa dos custos envolvidos na produção e da pouca disponibilidade de equipamentos no País. A natureza demorada do processo (da obtenção da imagem à produção do protótipo), associada ao alto custo, dificulta a sua aplicação em procedimentos cirúrgicos de rotina, mesmo quando há indicação. É provável que essas limitações sejam superadas em um curto espaço de tempo, seja pelo avanço tecnológico, seja pela utilização interdisciplinar da

tecnologia de PR em centros especializados e públicos, tornando os protótipos biomédicos mais acessíveis. (SANGUERA 2001)

Prototipagem rápida (PR) pode ser definida como um conjunto de processos tecnológicos que permite fabricar objetos físicos tridimensionais (protótipos), a partir de um projeto CAD. O objetivo é obter um modelo real com as mesmas características geométricas do virtual, que pode ser manipulado para vários fins. Uma das aplicações da PR que tem despontado como altamente promissora é a reprodução de estruturas anatômicas. O processo de fabricação utiliza dados de imagem da região anatômica de interesse, obtidos por equipamentos de imagens biomédicas, resultando nos biomodelos. Os biomodelos de PR são, portanto, protótipos biomédicos, obtidos a partir de imagens de TC, RM ou US, podendo ser utilizados com objetivos didáticos, na fabricação de implantes protéticos personalizados, no diagnóstico precoce e no tratamento de deformidades faciais, facilitando, também, a comunicação entre profissional e paciente. (JAMES 1998)

Entretanto, Modeen (2005) cita alguns pontos fracos do processo de prototipagem rápida: (I) em tempo real, a velocidade de produção do protótipo é muito lenta. Dependendo do nível de precisão requerido e do tamanho do objeto, o processo pode levar algumas horas ou alguns dias; (II) atualmente, a maioria dos equipamentos somente pode fabricar itens de até 500 mm³ de volume; (III) o número de materiais disponíveis para a prototipagem rápida com adição de materiais é ainda limitado, mas tem aumentado gradativamente; (IV) a qualidade final da superfície do protótipo rápido gerado geralmente necessita de um acabamento secundário.

Em 2002 Meurer demonstrou um estudo sobre as tecnologias CAD-CAM em cirurgia e traumatologia bucomaxilofacial. O tratamento de pacientes portadores de deformidades faciais é um desafio à equipe cirúrgica pela sua alta complexidade. Considerando o recente desenvolvimento das tecnologias de prototipagem rápida e do diagnóstico por imagens, foi avaliado o processo de fabricação de biomodelos associando estas duas tecnologias. Para isto foram obtidos exames por tomografia computadorizada de seis pacientes portadores de deformidades faciais e estas imagens foram manipuladas em um

software CAD-CAM biomédico (Analyze, Mayo Foundation). Baseado no arquivo CAD foram confeccionados seis biomodelos pela tecnologia da sinterização seletiva a laser e dois biomodelos de estereolitografia. Estes modelos foram utilizados no diagnóstico, no planejamento e no tratamento destes pacientes. Com a metodologia empregada, foi observado que o processo de fabricação destes modelos é viável, porém complexo, exigindo a interação das ciências biomédicas com a Informática e a Engenharia. Os biomodelos não são úteis no tratamento de deformidades faciais simples, onde técnicas cirúrgicas padronizadas obtêm bons resultados. Nos casos em que procedimentos cirúrgicos complexos e personalizados são necessários, os biomodelos facilitam a cirurgia, melhoram os resultados, diminuem os riscos, as complicações e o tempo cirúrgico. Nos caso em que existe uma anatomia contralateral normal, esta pode ser usada como referência para reconstrução do lado afetado. Novos estudos são necessários para avaliar a obtenção das imagens médicas; os softwares utilizados na manipulação destas imagens; a utilização dos biomodelos em procedimentos cirúrgicos específicos em vista do seu potencial de redução de custos para o sistema nacional de saúde

3- DISCUSSÃO

Em 2003 Meurer et al realizaram um estudo sobre biomodelos de prototipagem rápida em CTBMF. Considerando o recente desenvolvimento das tecnologias de prototipagem rápida e do diagnóstico por imagens, neste artigo é descrito o processo de fabricação de biomodelos associando estas duas tecnologias. Para isto, foram obtidos exames por tomografia computadorizada de seis pacientes portadores de deformidades faciais, e estas imagens foram manipuladas em um software para tratamento de imagens médicas (Analyze - Mayo Foundation). Com base nos modelos gerados no computador, foram confeccionados em prototipagem rápida seis biomodelos, pela técnica da sinterização seletiva a laser (SLS) e dois biomodelos pela técnica da estereolitografia (SL). Estes modelos foram utilizados no diagnóstico, no planejamento e no tratamento destes pacientes. Apesar de serem de utilidade menor no tratamento de deformidades faciais simples, em que técnicas cirúrgicas padronizadas obtêm bons resultados, os biomodelos são necessários em procedimentos cirúrgicos complexos e personalizados, facilitando a cirurgia, melhorando os resultados, diminuindo os riscos, as complicações e o tempo cirúrgico. Nos casos em que existe uma anatomia contralateral normal, esta pode ser usada como base para a reconstrução do lado afetado. Com a metodologia empregada, foi observado que o processo de fabricação destes modelos é complexo, exigindo a interação das ciências biomédicas com a informática e a engenharia. Novos estudos são necessários para avaliar a obtenção das imagens médicas. Os softwares utilizados na manipulação destas imagens e a utilização dos biomodelos em procedimentos cirúrgicos específicos tendo em vista do seu potencial de redução de custos para o sistema nacional de saúde.

Em 2006 Saddy enfatizaram um estudo comparativo entre a tomografia computadorizada e a tomografia volumétrica na confecção de modelos de prototipagem. O objetivo neste estudo foi comparar modelos de prototipagem, originados a partir de dados obtidos em exames de tomografia volumétrica (TV) e tomografia computadorizada (TC), a fim de verificar a precisão de

reprodutibilidade destas tecnologias. Uma mandíbula seca foi submetida aos exames de TV (NewTom 9000 QR, Itália) e TC (Select SP-Elscint, Israel). Os dados obtidos nos exames foram manipulados em dois sistemas de tratamento de imagem, o 3D-Analyze (Mayo Clinic, E.U.A.) e o InVesalius (CenPRA, Brasil) e confeccionados protótipos, em duas diferentes tecnologias (SLS - sinterização seletiva a laser e 3DP - impressão tridimensional). A mandíbula seca (padrão ouro) e os oito conjuntos de protótipos gerados, sendo I-TC-Analyze-3DP; II-TC-InVesalius-3DP; III-TC-Analyze-SLS; IV-TC-InVesalius-SLS; V-TV-Analyze-3DP; VI-TV-InVesalius-3DP; VIII-TV-Analyze-SLS; VIII-TV-InVesalius-SLS, foram submetidos a processos de engenharia reversa com a finalidade de digitalizar as superfícies dos objetos para uma comparação de cada modelo de prototipagem produzido com o padrão ouro, com precisão de 0,001mm. Os desvios de até 1mm e até 2mm foram calculados, comparados e analisados estatisticamente os erros percentuais. Os modelos de prototipagem rápida originados por meio da obtenção de dados de exames de tomografia computadorizada são mais precisos que os modelos de prototipagem originados por meio de dados de exames de tomografia volumétrica.

Em 2007 Di Giacomo et al realizaram um estudo sobre cirurgia Assistida por Computador - Relato de caso clínico. O sucesso das reabilitações orais suportadas por implantes requer um planejamento protético e cirúrgico cuidadoso. Recentemente sistemas computacionais associados à tecnologia de prototipagem rápida são utilizados como uma importante ferramenta otimizando os resultados e reduzindo o tempo cirúrgico. Neste processo primeiramente confecciona-se uma guia radiográfica com objetivo de transferir as informações protéticas e do contorno gengival para a tomografia computadorizada (TC). Os dados da TC são abertos em software de planejamento cirúrgico onde podemos visualizar tridimensionalmente as coroas nos espaços protéticos. Conciliando esta informação com a imagem do relevo ósseo instalam-se virtualmente os implantes. Baseado neste projeto confecciona-se a guia cirúrgica pela técnica de prototipagem rápida (PR) adequada a cirurgia sem retalho gengival. Este artefato direciona as fresas cirúrgicas durante as perfurações dos tecidos. Relataremos um caso clínico com a instalação de três

implantes utilizando cirurgia sem retalho gengival, software de planejamento cirúrgico e guia cirúrgica em prototipagem rápida.

Os cirurgiões já têm à sua disposição, atualmente, imagens tridimensionais na tela do computador em apresentações gráficas utilizando análises cefalométricas. Os modelos esteriolitográficos construídos a partir de dados digitais permitem ao profissional visualizar a anatomia interna e externa de seu paciente antes do ato cirúrgico propriamente dito. (STOKER, 1992)

A maioria dos relatos volta-se para os biomodelos de Estereolitografia (SL), um dos processos pioneiros de biomodelagem, que permite maior qualidade de reprodução. Contudo, as principais desvantagens da tecnologia SL são o alto custo e o longo tempo requerido para construção dos biomodelos, limitando a sua utilização na pesquisa e restringindo o seu acesso a um número seletivo de pacientes. (ABECASIS, 1999)

Entretanto, Modeen (2005) cita alguns pontos fracos do processo de prototipagem rápida: em tempo real, a velocidade de produção do protótipo é muito lenta. Dependendo do nível de precisão requerido e do tamanho do objeto, o processo pode levar algumas horas ou alguns dias; atualmente, a maioria dos equipamentos somente pode fabricar itens de até 500 mm³ de volume; o número de materiais disponíveis para a prototipagem rápida com adição de materiais é ainda limitado, mas tem aumentado gradativamente; a qualidade final da superfície do protótipo rápido gerado geralmente necessita de um acabamento secundário.

Os biomodelos de RP são protótipos biomédicos obtidos a partir de imagens de tomografia computadorizada (TC), ressonância magnética e ultrassonografia, podendo ser utilizados com objetivos didáticos, na fabricação de implantes protéticos personalizados, no diagnóstico precoce e, tratamento de deformidades faciais facilitando, também, a comunicação entre profissional e paciente. (JAMES, 1998)

Os biomodelos permitem a mensuração de estruturas, a simulação de osteotomias e de técnicas de ressecção além de um completo planejamento dos mais diversos tipos de cirurgia da região bucomaxilofacial. Isto tende a

reduzir o tempo do procedimento cirúrgico e, conseqüentemente, o período de anestesia, bem como o risco de infecção, havendo ainda melhora no resultado e a diminuição no custo global do tratamento. (PECKITT, 1999)

Os modelos estereolitográficos permitem a percepção tátil da anatomia da região e da patologia em estudo, possibilitam a confirmação das informações obtidas através do diagnóstico por imagem e oferecem diversas outras vantagens como: a comunicação entre a equipe cirúrgica, o paciente e seus familiares, simulação e planejamento cirúrgico, confecção de implantes personalizados e criteriosa preservação. (STOKER et al., 1992)

A esteriolitografia é a técnica de prototipagem rápida que permite a confecção de modelos em resina à base de monômeros de epóxi, acrílico ou vinil. Os biomodelos gerados a partir da esteriolitografia são realizados por um computador que controla a técnica de construção anatômica com exatidão do esqueleto humano por meio das imagens geradas pela TC. Diversos estudos prospectivos e sobre casos individuais têm demonstrado como um modelo em terceira dimensão pode auxiliar o diagnóstico, facilitar o planejamento da técnica cirúrgica e reduzir o tempo operatório. (KERMER et al., 1998)

Segundo a literatura, a técnica de prototipagem rápida foi introduzida na prática odontológica no ano de 1991. Resultado de um refinamento dos modelos de poliuretano utilizados desde 1989, essa nova técnica apresenta uma grande gama de aplicações no exercício da Odontologia, sobretudo no que tange aos aspectos de planejamento pré-operatório. (MORRIS et al., 2000)

A obtenção de protótipos biomédicos a partir de imagens de TC tem-se mostrado uma solução inovadora para reduzir este distanciamento. Analogamente à manufatura de produtos, em que protótipos são utilizados para melhorar a qualidade final, permitindo detectar erros nos primeiros estágios do ciclo de desenvolvimento dos produtos, a obtenção de protótipos biomédicos permite construir objetos físicos que reproduzem estruturas anatômicas. A produção desses protótipos só é possível por intermédio da integração das tecnologias de aquisição e manipulação de imagens médicas com os sistemas computer-aided design (CAD) e os sistemas de prototipagem rápida (PR), envolvendo, portanto, equipes multidisciplinares. (SILVA et al., 1999)

Com a visualização e manipulação direta de uma réplica anatômica das estruturas ósseas, os protótipos biomédicos permitem, por exemplo, a mensuração de estruturas e a simulação de osteotomias e de técnicas de ressecção com excelente precisão. Como consequência, observa-se redução do tempo cirúrgico, do período de anestesia e do risco de infecção, com diminuição no custo global do tratamento e melhores resultados finais. Além disso, a utilização desses protótipos melhora a comunicação entre o profissional e o paciente, auxiliando na explicação sobre o procedimento cirúrgico e na obtenção do termo de consentimento livre e esclarecido, podendo ainda servir como base para a fabricação de implantes protéticos personalizados. Os protótipos podem ainda ser utilizados com objetivos didáticos. (PECKITT, 1999)

A réplica sólida da anatomia do paciente simplifica sobremaneira a prática cirúrgica. Os dados tridimensionais convertidos para formatos aceitos pela esteriolitografia são enviados a um computador que utiliza laser para polimerização de resina fotossensível que converte a resina líquida em material plástico sólido, ou seja, o modelo biomédico. A esteriolitografia pode reproduzir vasos sangüíneos, tecido mole, tumores e ossos com enorme precisão (<0.8 mm) . (GUERRA et al., 2005)

Independente da técnica, erros podem ser incluídos em qualquer etapa do processo de prototipagem, sendo possível minimizá-los, mas não eliminá-los por completo. Desse modo, não existe uma técnica precisa, exata, livre de erros. (TANG et al., 2004)

Meurer (2002) corroborou a literatura internacional, testando protótipos biomédicos que mostraram-se úteis nos procedimentos cirúrgicos complexos, oferecendo maior previsibilidade dos resultados, redução dos riscos para o paciente e otimização do tempo cirúrgico. No entanto, dentre as questões a serem consideradas em trabalhos seqüenciais, o autor fez alusão à precisão dimensional das diferentes técnicas de prototipagem e sua adequação aos diversos fins biomédicos.

Os modelos estereolitográficos permitem a percepção tátil da anatomia da região e da patologia em estudo, possibilitam a confirmação das

informações obtidas através do diagnóstico por imagem e oferecem diversas outras vantagens como: a comunicação entre a equipe cirúrgica, o paciente e seus familiares, simulação e planejamento cirúrgico, confecção de implantes personalizados e criteriosa preservação. (SAILER et al., 1998)

A literatura apresenta diversos trabalhos enaltecendo os benefícios do uso de biomodelos prototipados. Da Rosa (2004) apresentou um caso de cirurgia ortognática combinada maxilomandibular. Com auxílio de um biomodelo a cirurgia foi simulada, realizando-se as osteotomias desejadas e movendo o terço médio da face e a mandíbula para a posição desejada.

Choi *et al.* (2002) afirmam que a Prototipagem Rápida tem se constituído em um recurso de grande importância para o planejamento cirúrgico-protético de situações de alta complexidade, como às vivenciadas na implantodontia contemporânea. O estudo diagnóstico com o uso dos biomodelos pode ser recomendado, pois reduz o custo global do tratamento, elimina potenciais erros clínicos e conduz a melhores resultados.

5- CONCLUSÃO

O processo de reabilitação bucal por meio do uso de implantes vem se desenvolvendo muito ao longo dos anos; e uma das tecnologias mais modernas para o auxílio de implantes é a prototipagem rápida.

A prototipagem é um processo que reduz o custo da cirurgia e elimina fases de risco para o paciente. A manipulação, conversão e trabalho das imagens irão compor informações importantes para a qualidade de tempo e de procedimento dos profissionais

Assim, podemos concluir que este recurso tem sido de grande importância para o planejamento cirúrgico- protético de situação de alta complexidade, como às vivenciadas na implantodontia contemporânea. O estudo diagnóstico com o uso dos biomodelos pode ser recomendado, pois reduz o custo global do tratamento, elimina potenciais erros clínicos e conduz a melhores resultados.

6- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABECASIS, F. *Tomografia Computorizada*. In: PISCO, J. M; SOUZA, L. A. Noções fundamentais de imagiologia. Lisboa: Lidel, 1999. cap. 6, p. 67-73.

ALDER, M. E. A comparison of three-dimensional computed tomography scans and stereolithographic models for evaluation of craniofacial anomalies. *Int. J. oral Maxillofac. Surg.* Copenhagen, v. 54, p. 411-2, 1996.

ARTUS S. Prototipagem. In: www.artis.com.br/prototipagem. Acesso em 15/04/2004.

BERRY E, Brown JM, Craven CM, Efford ND, Radjenovic A, Smith A. Preliminary experience with medical applications of rapid prototyping by selective laser sintering. *Med Eng Phys.* 1997; 19: 90-6.

BESANT, C. B. *CAD/CAM: projeto e fabricação com o auxílio de computador*. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1985, 249 p.

BLANCHET, E.; LUCCHINI, J. P.; JENNY, R.; FORTIN, T. An image-guided system based on custom templates: case reports. *Clin. Implant Dent. Relat. Res.*, Hamilton, v. 6, no. 1, p. 40-47, 2004

BONTRAGER, K. Anatomia e posicionamento radiológicos de tomografia computadorizada do crânio. Parte II. Posicionamento radiológico. In: BONTRAGER, K. *Tratado de técnica radiológica e base anatômica*, 4^a Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1999. cap. 22, p. 633-58.

BRÅNEMARK P-I, Adell R, Breine U, Hannsson BO, Lindstron J, Ohlsson A et al. Intra-osseous anchorage of dental protheses. *Scand. J. Plast. Reconstr. Surg* 1969;3:81-100.

BRANEMARK PI, Zarb G, Albrektsson T. Tissueintegrated prostheses: osseointegration in clinical dentistry. Chicago: Quintessence, 1985. p.11-76.

CARVALHO.F.PrototipagemRápida.In:www.geocites.com/sjuvella/ProtopipagemRápida.html.Acesso em 04/1/2005

CARVALHO J. Prototipagem Rápida. In.
http://www.numa.org.br/conhecimentos/conhecimentos_port/pag_conhec/prototipagem.html#Informações. Acesso em 11/11/1999

CHILVARQUER I et al. A prototipagem na Odontologia do novo milênio. In: 4º Congresso Internacional de Osseointegração da APCD; 2004, cap. 17; 317-328

CHOI, J.Y et al. Analysis of erros in medical rapid prototyping models. J. Oral Maxillofac Surgery, v.31,n.1, p.23-32. 2000

CHUA, C.K., LEONG, K.F., TAN, K.H., WIRIA, F.E., CHEAH, C.M. "Development of Tissue Scaffolds using Selective Laser Sintering of Polyvinyl alcohol/hidroxyapatite Biocomposite for Craniofacial and Joint Defects", *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*, v. 15, pp. 1113-1121, 2004.

COOPER, G.K., *Rapid Prototyping Technology – Selection and Application*, 1 ed., New York, Marcel Dekker Inc, 2001.

CUCCHIARA R, Franchini F, Lamma A, Lamma E, Sansoni T, Sarti E. Enhancing implant surgery planning via computerized image processing. *Int J Comput Dent*. 2001; 419-24.

CURCIO, Ricardo Prototipagem biomédica na personalização da função imediata nas mandíbulas edêntulas São Paulo; s.n; 2006. [80] p

CURCIO, Ricardo; Perin, Guilherme Luis; Chilvarquer, Israel; Borri, Maria Lucia; Ajzen, Sergio. Planejamento reverso com estereolitografia em carga

imediate em mandíbula edêntula: nota técnica. Acesso em <http://www.oralteam.com.br/Html/artigoidosos.htm>

CURCIO, Ricardo; Perin, Guilherme Luis; Chilvarquer, Israel; Borri, Maria Lucia; Ajzen, Sergio. Use of models in surgical predictability of oral rehabilitations [Acta cir. bras](#);22(5):387-395, Sept.-Oct. 2007. ilus, tab

DA ROSA, E. L. S., “Avanços tecnológicos em cirurgia ortognática”, Revista de Cirurgia e Traumatologia Buco-Maxilo-Facial, v.4, s.1, 2004

DI GIACOMO, Giovanni de Almeida Prado; Silva, Jorge Vicente Lopes da; Bárbara, Ailton Santa; Dal'Ava, Bruno Cassaro; Altran, Camila Magri; Martines, Rodrigo Tadashi; Alonso, Gilberto. - Cirurgia Assistida por Computador - Relato de caso clínico / Computer-Assisted Surgery - A clinical report - [ImplantNews](#);4(4):413-418, Jul/Ago.2007. ilus.

D'URSO et al. Stereolithographic(SL) biomodeling in craniofacial surgery. Br. J Plastic Surg; 1998; 51(7): 23-32.

FERREIRA, J. M. G. C.; ALVES, N. M. F.; MATEUS, A. J. S.; CUSTÓDIO, P. M. C. *Desenvolvimento integrado de produtos e ferramentas por metodologias de engenharia inversa e prototipagem rápida*. 3º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto, Florianópolis, 2001.

FOGUIATTO, José Aguiomar. O uso da prototipagem na área médico-odontológica. Disponível em http://www.pessoal.utfpr.edu.br/foggiatto/arquivos/O_Uso_da_Prototipagem_na_area_medico-odontologica.pdf

GIBSON, I.; *Rapid Prototyping: A Tool for Product Development; Computer-Aided Design & Applications*, Vol. 2, No.6, 2005.

GOMIDE RB. Fabricação de componentes injetados em insetos produzidos por estereolitografia. [Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica].Universidade Federal de Santa Catarina; 2000.

GONDAK, Maurício de Oliveira; GONDAK, Rogério de Oliveira; ZLUHAN, Gilberto Paulo. *Otimizaçãodo desenvolvimento de produto através da Prototipagem Rápida na obtenção de ferramental e protótipos emcurto espaço de tempo*. 5º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto, Curitiba, 2005.

GRIMM, Todd. *Rapid prototyping benchmark: 3D printers*. T. A. Grimm Associates Inc. Outubro, 2003.Disponível em: <http://www.tagrimm.com/benchmark>. Acesso em 26 de maio de 2006.

HOPKINSON, N., HAGUE, R.J.M., DICKENS, P.M., *Rapid Manufacturing – An Industrial Revolution for the Digital Age*, 1 ed., West Sussex, Wiley & Sons, 2006

HOTZA, D. Prototipagem rápida de pilhas a combustível de óxido sólido. Matéria (Rio J.) vol.14 no.4 Rio de Janeiro 2009

IPLIKCIOGLU H, Akca K, Cehreli MC. The use of computerized tomography for diagnosis and treatment planning in implant dentistry. J Oral Implantol. 2002; 28:29-36.

JAMES, W. J. *et al.*, Correction of congenital malar hypoplasia using stereolithography for presurgical planning. *J. Oral & Maxillof. Surg.*, Stuttgart, NY., v. 26, n.3, p.512-7, apr., 1998

KERMER, C. *et al.* Colour stereolithography for planning complex maxillofacial tumour surgery. J Craniomaxillofac Surg, v.26, n.6, p.360-363, Dec. 1998.

LINO, F.J.; BRAGA, F.J.; SIMÃO, M.S.; Neto, R.J.; Duarte, T.M., PROTOCLICK – Prototipagem Rápida, Editado por Protoclick, INEGI, Porto, Fevereiro 2001.

MEURER, Eduardo.- As tecnologias CAD-CAM em cirurgia e traumatologia bucomaxilofacial / The CAD-CAM technologies in bucomaxillofacial surgery and traumatology.- Porto Alegre; s.n; 2002. 231 p. ilus, tab, graf. (BR).

MEURER, Eduardo; Oliveira, Marília Gerhardt de; Meurer, Maria Inês; Silva, Jorge Vicente Lopes da; Bárbara, Ailton Santa; Heitz, Cláiton.- Biomodelos de prototipagem rápida em CTBMF / Rapid prototyping biomodels in oral and maxillofacial surgery- Rev. Bras. Cir. Period;1(3):172-80, jul.-set. 2003. ilus.

MODEEN, Thomas. *CADCAMing. The use of rapid prototyping for the conceptualization and fabrication of architecture.* Automation in Construction, No. 14, p. 215-224, 2005.

MORRIS, C.L.; BARBER, R.F.; DAY, R. Orofacial prosthesis design and fabrication using stereolithography. Aust Dent J, v.45, n.4, p.250-255, Dec. 2000.

MULLER, Anderson; Cipola, Waldir W. Vilela; Buelau, William; Simone, William de; Silva, Antonio Carlos Bernardi Rodrigues da. Cirurgia para aumento de rebordo em pré-maxila atrófica com utilização da técnica de enxerto autógeno da crista de íliaco e uso de prototipagem para confecção de matriz para remoção de enxerto da área doadora [ImplantNews](#);1(4):313-318, jul.-ago. 2004. Ilus

NIGRO F, Chivarquer I,Ximenez M. Um novo método para avaliação da espessura gengival por meio de tomografi a computadorizada helicoidal. [ImplantNews](#) 2006 Jul-Ago;3(4): 385:91.

PALM, William. *Rapid Prototyping Primer. The learning factory.* Disponível em: <http://www.mne.psu.edu/lamancusa/rapidpro/primer/chapter2.htm>, 1998. Acesso em 17/05/2006.

PECKITT, N. S. Stereoscopic lithography: customized titanium implants in orofacial reconstruction. *Brit. J. oral Maxillof. Surg., Edinburgh*, v. 37, n. 5, p. 353-69, oct., 1999

SADDY, Mario Sergio.- Estudo comparativo entre a tomografia computadorizada e a tomografia volumétrica na confecção de modelos de prototipagem / Comparison of cone beam computerized tomography and multislice computerized tomography for building rapid prototyping models.- São Paulo; s.n; 2006. 80 p. ilus. (BR).

SANNOMIYA, E. K.; KISHI, K. Estereolitografia: aplicação na Odontologia. Relato de dois casos clínicos. *RBO*, [S.l.], v. 59, n. 3, p. 203-4, mai./jun., 2002.

SANGHERA B, Naique S, Papaharilaou Y, et al. Preliminary study of rapid prototype medical models. *Rapid Prototyping Journal*. 2001;7:275–84.

SAILER, H.F. et al. The value of stereolithographic models for preoperative diagnosis of craniofacial deformities and planning of surgical corrections. *Int J Oral Maxillofac Surg*, v.27, n.5, p.327-333, Oct. 1998

SILVA JVL, Yamanaka MC, Saura CE. Rapid prototyping: concepts, applications, and potential utilization in Brazil. In: 15th International Conference in CAD/CAM Robotics and Factories of the Future; 1999; Águas de Lindóia, SP.

STOKER, N.G.; MANKOVICH, N.J.; VALENTINO, D. Stereolithographic models for surgical planning: preliminary report. *J Oral Maxillofac Surg*, v.50, n.5, p.466-471, May 199

TAN, K.H, CHUA, C.K., LEONG, K.F., CHEAH, C.M., CHEANG, P., ABU BAKAR, M.S., CHA, S.W., "Scaffold Development Using Selective Laser Sintering of Polyetheretherketone hydroxyapatite biocomposite blends", *Biomaterials*, v.24, pp. 3115-3123, 2003.

TANG, Y. *et al.*, *Accuracy analysis and improvement for direct laser sintering*.
Disponível em: <https://dspace.mit.edu/bitstream/1721.1/3898/2/IMST001.pdf>.
Acesso em: 19 oct., 2004.

WOHLERS,T., WOHLERS Report 2006 – Rapid Prototyping and Manufacturing, State of the Industry, Wohlers Associates, Colorado, USA, 2006.

WORLDWIDE Guide to Rapid Prototyping. Selective Laser Sintering.
Disponível em <[http:// home.att.net/~castleislands/sls.htm](http://home.att.net/~castleislands/sls.htm)>