



# DESENVOLVIMENTO DE PRÓTESES ORTODÔNTICAS SOB MEDIDA COM O AUXÍLIO DAS TÉCNICAS DE TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA E RESSONÂNCIA MAGNÉTICA

Leandro Nobeschi<sup>1,A</sup>, Fabio Redivo Lodi<sup>1</sup>, Rafael Eidi Goto<sup>2</sup>, Felipe Favaro Capeleti<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Faculdade Cleber Leite - Santo André, São Paulo, Brasil.

<sup>2</sup>Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São Paulo, Brasil

## RESUMO

O desenvolvimento contínuo de técnicas e novas tecnologias são aplicadas constantemente na ortodontia, visando a otimização e personalização dos tratamentos. A personalização das próteses ortodônticas afetar diretamente na qualidade de vida, oferecendo uma prótese mais funcional e ajustável aos corpo do paciente, além de diminuir o tempo anestésico e cirúrgico, assim como promover um menor risco de infecções pós-operatória. Nesse contexto, o presente estudo propõe a utilização integrada das técnicas de tomografia computadorizada (TC) e ressonância magnética (RM) para o desenvolvimento de próteses ortodônticas sob medida. Realizamos uma revisão narrativa da literatura para compilar artigos que tratam da temática. Verificamos que todo o processo de prototipagem e impressão é possível com o auxílio das imagens obtidas através da TC e RM. A prototipagem rápida pode ser produzida imagens de tomografia computadorizadas (TC) e/ou ressonância magnética (RM), criando os modelos tridimensionais (3D). Essa prototipagem pode ser útil em ambientes educacionais como em procedimentos cirúrgicos. O protótipo tem a finalidade de servir de teste antes da sua fabricação, é um experimento virtual que tenta imitar um modelo real. Acredita-se que com a evolução de alguns softwares seja possível unir dados de RM, TC e angiografia (método de realização de um exame radiográfico dos vasos sanguíneos) para que se possa reproduzir em um único modelo: tecido ósseo, tecidos moles e vasos sanguíneos.

**Palavras-chaves:** ortodontia, próteses, prototipagem, tomografia computadorizada, ressonância magnética.

## ABSTRACT

The continuous development of techniques and new technologies are constantly applied in orthodontics, aiming to optimize and personalize treatments. The customization of orthodontic prostheses directly affects the quality of life, offering a more functional and adjustable prosthesis to the patient's body, in addition to reducing anesthetic and surgical time, as well as promoting a lower risk of postoperative infections. In this context, the present study proposes the integrated use of computed tomography (CT) and

<sup>A</sup>Autor Correspondente: Leandro Nobeschi. E-mail: ln.nobeschi@gmail.com – ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9841-808X>

magnetic resonance imaging (MRI) techniques for the development of custom-made orthodontic prostheses. We carried out a narrative review of the literature to compile articles that deal with the topic. We verified that the entire prototyping and printing process is possible with the help of images obtained through CT and MRI. Rapid prototyping can involve computed tomography (CT) and/or magnetic resonance imaging (MRI) images, creating three-dimensional (3D) models. This prototyping can be useful in educational environments such as surgical procedures. The prototype is intended to serve as a test before its manufacture, it is a virtual experiment that tries to imitate a real model. It is believed that with the evolution of some software it will be possible to combine data from MRI, CT and angiography (a method of performing an x-ray examination of blood vessels) so that it can be reproduced in a single model: bone tissue, soft tissue and blood vessels.

**Keywords:** orthodontics, prosthetics, prototyping, computed tomography, magnetic resonance imaging.

## INTRODUÇÃO

A expectativa de vida da população aumentou muito nos últimos anos, promovendo a necessidade de intervenções cirúrgicas para a colocação de próteses ortodônticas. A personalização das próteses ortodônticas pode oferecer diversas vantagens, como a diminuição do tempo cirúrgico, menor risco de infecções e melhor adaptação do paciente, impactando na qualidade de vida pós-intervenção<sup>(1)</sup>.

Para auxiliar no processo de produção de próteses sob medida é necessário o desenvolvimento de um protótipo, que pode ser produzido por meio de uma ferramenta denominada prototipagem rápida. A prototipagem rápida pode ser produzida imagens de tomografia computadorizadas (TC) e/ou ressonância magnética (RM), criando os modelos tridimensionais (3D). Essa prototipagem pode ser útil em ambientes educacionais como em procedimentos cirúrgicos. O protótipo tem a finalidade de servir de teste antes da sua fabricação, é um experimento virtual que tenta imitar um modelo real<sup>(2,3)</sup>.

As imagens obtidas pela da TC são 2D e representam seções do paciente, geradas a partir da emissão de um feixe de raios-x que atravessam o tecido biológico e sensibilizam os detectores. Os tomógrafos de última geração emitem um feixe de raio em forma de leque, de espessura fina. Os exames de RM exploram o fenômeno de que todos os átomos possuem um campo magnético, sendo afetados por ondas de radiofrequência. Os átomos têm um alinhamento natural, e a RM trabalha com a aplicação das ondas de radiofrequência que alteram temporariamente esse alinhamento. Quando essas ondas são desligadas os átomos regressam ao seu alinhamento original liberando a energia absorvida e não produzindo radiação ionizante. <sup>(1,4)</sup>

As imagens de TC e RM são integrados aos sistemas CAD 3D (Desenho assistido por computador DAC; em inglês: computer aided design), um método de obtenção de modelos digitais, facilitando a manipulação e modelagem dos objetos, o que permite que essas imagens virtuais possam ser trabalhadas como se fossem peças de um quebra-cabeça ou de um protótipo biomecânico. Sistemas CAD são adequados para definir procedimentos de espelhamento, utilizando a simetria contralateral permitindo planejamento e a obtenção de próteses personalizadas, inclusive com a simulação

da montagem da prótese virtual no modelo 3D<sup>(3,5)</sup>.

O objetivo deste trabalho foi descrever as técnicas de fabricação de próteses ortodônticas e a utilização de técnicas de imagem de TC e RM no processo de pesquisa, fabricação de próteses e protótipos a partir da obtenção de imagens em 3D.

## MÉTODOS

Trata-se de uma revisão narrativa da literatura. Compilamos artigos na base de dados do Google acadêmico. Para a pesquisa utilizamos como operadores Booleanos: ortodontia, prototipagem, prótese, tomografia e ressonância magnética. Como critério de inclusão utilizamos: artigos completos ou teses de doutorado, em seres humanos, que desenvolveram o trabalho alinhado com o nosso objetivo de pesquisa. Trabalhos que não atendiam os critérios foram excluídos.

## RESULTADO E DISCUSSÃO

O avanço da tecnologia refletiu na área da saúde e, a cada dia, mais próteses são utilizadas em diversas áreas, sejam elas para substituição de partes extraídas devido a tumores, ou como consequência de doenças degenerativas<sup>6</sup>.

A maneira como são confeccionadas essas próteses são muito importantes. Na área craniomaxilofacial, coluna e ortopedia geral já se empregam técnicas de produção sob medida com finalidade de reduzir o tempo cirúrgico e melhorar a qualidade de vida<sup>6</sup>. Para isso, são empregadas técnicas de captura de imagem por TC e RM das áreas que serão substituídas. Essas imagens são transformadas em modelos 3D por meio de um programa de prototipagem rápida, e reproduzidas exatamente de acordo com o paciente.

A prototipagem é um processo de obtenção de modelos por meio da integração de diversas tecnologias, como obtenção de imagens diagnósticas, sistemas de tratamento de imagens, sistemas CAD e a prototipagem rápida<sup>7</sup>.

Com o uso das modernas tecnologias de prototipagem rápida, podem-se construir protótipos a partir de um modelo gerado no computador em um programa CAD. Os biomodelos de RP são protótipos biomédicos obtidos a partir de imagens de TC, RM e

ultrassonografia. Os protótipos podem ser utilizados com objetivos didáticos, na fabricação de implantes protéticos personalizados, no diagnóstico precoce e tratamento de deformidades faciais facilitando, também, a comunicação profissional/paciente<sup>7</sup>.

As técnicas mais utilizadas para a obtenção de biomodelos (protótipos biomédicos) são:

- Esteriolitografia (SLA): constrói modelos tridimensionais a partir de polímeros líquidos sensíveis à luz, que se solidificam quando expostos à radiação ultravioleta<sup>8</sup>.

- Sintetização seletiva a laser- SLS (Selective Laser Sintering): é a tecnologia da sinterização localizada de um pó, pela ação de laser CO<sub>2</sub><sup>8</sup>.

O sistema funciona com o laser percorrendo a superfície da camada de pó depositada e regularizada pelo subsistema de alimentação, aquecendo as partículas e aglutinando-as de forma seletiva, até formar uma camada sólida. Quanto menores as camadas e o tamanho das partículas de poliamida mais precisa será a reprodução do objeto<sup>8</sup>.

A variedade de materiais termoplásticos que podem ser utilizados são vantagens destas técnicas, aliadas à precisão e robustez do modelo que se tornam opacos após a sintetização<sup>8</sup>.

- Modelação por deposição de material fundido (FDM- Fused Deposition Modeling): neste processo, filamentos de resina termoplástica aquecida são extrudados a partir de uma matriz que se move num plano.

As resinas termoplásticas adequadas a esse processo incluem poliéster, polipropileno, ABS, elastômeros e cera usada no processo de fundição por cera perdida. Os modelos FDM podem ser esterelizados e possuem uma boa precisão geométrica<sup>8</sup>.

- Impressão tridimensional (3D printer ): é um processo de prototipagem rápida que se assemelha ao sistema de impressão de jato de tinta de impressoras. Os cabeçotes liberam um aglutinante de metacrilato. A máquina possui um reservatório com gesso ou amido para ser unido ao aglutinante e formar o objeto<sup>8</sup>.

Esse sistema apresenta uma ótima velocidade de confecção, mas deixa apresentar uma menor precisão na reprodução do modelo em relação ao original<sup>9</sup>.

Quanto aos materiais que podem ser utilizados para reprodução desses protótipos, temos os aloplásticos polimetilmetacrilatos moldados (PMMA)<sup>7</sup>.

O PMMA (polimetilmetacrilato- Acrílico) é um material aloplástico mais aplicado em implantes cranianos, embora venha sendo lentamente substituído. Este material possui uma extrema faixa de possibilidades, seria um material sintético ideal por ser simples de preparar, biocompatível, inerte, leve, rápido, de baixo custo, facilmente aplicável e possuir baixa condutibilidade térmica<sup>7</sup>.

O titânio é difícil de moldar, mas relativamente barato e biocompatível. Também apresenta boa tolerância a infecções, elevada resistência a corrosão e ótimas características mecânicas. Existe na forma de malhas e de placas de titânio. Uma das suas desvantagens é o ruído que causa em ressonâncias magnéticas<sup>7</sup>.

A confecção de implantes metálicos se apresenta como uma solução interessante na cranioplastia, permitindo uma produção seriada, com precisão e custo mais baixo, alcançando grau de

complexidade ótima para produção de implantes. Contudo, mesmo sendo uma excelente opção aplicada a cranioplastia, não atende a criação de implantes sob medida para grandes perdas ósseas<sup>7</sup>.

Os dispositivos comumente produzidos para essa aplicação são: malhas dinâmicas que podem ser moldadas no ato da intervenção cirúrgica e fixados com microparafusos e dispositivos, tais como placas, pinos e parafusos<sup>7</sup>.

A hidroxiapatita (HÁ) é formada por fosfato de cálcio cristalino. Esse material já está presente no tecido dos ossos. As vantagens são: pouca reação com tecido, aumento da reparação dos ossos, e boa osteointegração. Por outro lado, a sua maior desvantagem é não ser um material muito resistente ao estresse podendo quebrar facilmente<sup>8</sup>. Algumas vezes é utilizado sozinho para reparar pequenos defeitos. Em outras em conjunto com a malha de titânio<sup>8</sup>.

Todo o processo de prototipagem e impressão é possível com o auxílio das imagens obtidas através da TC e RM. Utilizando a TC é possível gerar uma sequencias de imagens bidimensionais de cortes sucessivos. A informação de cada plano é então colocada junto, fornecendo uma imagem volumétrica de toda estrutura. As imagens devem ser obtidas de formas mais nítida possível concentrando-se nos seguintes itens:

- escolha de um campo de visão – FOV (Field of vision) que englobe a região de interesse. Para regiões da face um FOV em torno de 250 mm é suficiente;

- resolução adequada para o Fov escolhido é o que define a resolução da imagem de cada camada. Uma boa resolução pode ser conseguida com 512X512 pixels;

- imagens devem ser adquiridas sem deslocamentos nas camadas. Não utilização da função Gantry;

- espessura dos cortes deve ser menores que o distanciamento entre elas, para não haver deformação no modelo no plano de aquisição (em geral o axial );

- não utilizar opções de filtro na aquisição das imagens;
- distanciamento entre camadas deve ser o menor possível para uma melhor reconstituição 3D.

Na faixa de 1 mm obtém-se bons resultados, preferencial a gravação das imagens em formato DICOM o que permite maior interoperabilidade entre diferentes sistemas de tratamento de imagens<sup>9</sup>.

Uso da imagem da RM em Biomodelos destina-se na representação de tecidos moles. A evolução dos softwares destinados a edição de imagens torna possível unir dados da RM, TC e angiografia para que se possa reproduzir em um único modelo: tecidos ósseos, moles e vasos<sup>7</sup>.

## CONCLUSÃO

Na ortodontia e na cirurgia bucomaxilofacial técnicas de de produção de implantes sob medida podem ser empregadas. Para isso são utilizados processos de prototipagem rápida, por meio de programas como o CAD e impressão 3D.

Existem diversos materiais disponíveis para esse tipo de fabricação, entre eles, os aloplásticos, o titânio e a hidroxiapatita.

Algumas técnicas permitem que o implante seja moldado no ato cirúrgico.

São utilizadas técnicas de obtenção de imagens por TC e RM do paciente para realizar a prototipagem. A TC se mostrou mais eficiente para visualização de tecidos ósseos, enquanto a RM melhor para visualizar tecidos moles.

Acredita-se que com a evolução de alguns softwares seja possível unir dados de RM, TC e angiografia (método de realização de um exame radiográfico dos vasos sanguíneos) para que se possa reproduzir em um único modelo: tecido ósseo, tecidos moles e vasos sanguíneos.

Esperamos que os resultados desta pesquisa contribuam significativamente para o avanço da ortodontia personalizada, oferecendo uma abordagem inovadora e eficaz para o desenvolvimento de próteses ortodônticas sob medida, com base no uso integrado das técnicas de TC e RM.

## REFERENCIAS

1. Rocha BA. Desenvolvimento do processo de produção de próteses em ligas de titânio. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Relatório do Projeto Final Dissertação do MIEM. 2010.
2. Queijo L, Rocha J, Pereira PM, Barreira L, Juan M, Barbosa T. A prototipagem rápida na modelação de patologias. 3º Congresso Nacional de Biomecânica, 2009.
3. Conto F. Reconstrução de defeitos ósseos no complexo craniofacial por meio de próteses individualizadas, estudo piloto. Revista da Faculdade de Odontologia. 2014, 6(1):63-69.
4. Gregolin RF. Modelagem tridimensional da região da articulação temporomandibular a partir da tomografia computadorizada visando o projeto, estudo e análise de prótese personalizada. Tese de Doutorado apresentado à Faculdade de Engenharia. Unesp campus Ilha Solteira. 2017.
5. Mendes BFCT. Desenvolvimento de metodologia digital para projeto e fabricação de próteses extraorais. Relatório do Projeto Final Dissertação do MIEM. Faculdade de engenharia universidade do porto. 2014.
6. Alves LS, Souza MJC, Gomes E. Análise retrospectiva de 186 casos de traumatismo maxilofaciais por acidentes de viação. Revista Portuguesa de Estomatologia, Medicina dentaria e cirurgia maxilo facial, 2013, 4(2):79-184.
7. Saura CE. Metodologia para Desenvolvimento de Implantes Cranianos Personalizados, Campinas, 2015.
8. Aydin S, Kucukyuruk B, Abuzayed B, Aydin S, Sanus GZ. Cranioplasty: Review of materials and techniques. J Neurosci Rural Pract. 2011, 2(2):162–167.
9. Hattori KE, Marotti J, Gil C, Campos TY, Mori M. Inovações tecnológicas em reabilitação oral protética. Ver Gaúcha Odontol, 2011, 59(1):59-66.