

Avaliação das Estratégias para Geração de Superfície de Contato para Modelos de Simulação Biomecânica

Leonardo Mendes Ribeiro Machado (CTI) leonardo.machado@cti.gov.br, Pedro Yoshito Noritomi (CTI) pnoritom@cti.gov.br, Jorge Vicente Lopes da Silva (CTI) jvlsilva@cti.gov.br

Resumo

O desenvolvimento de um modelo de simulação biomecânico através do método de elementos finitos é composto por diversas etapas, dentre elas, principalmente, a obtenção do referencial anatômico, a edição e confecção do modelo tridimensional e por fim o setup para criação da malha e simulação. Cada etapa possui uma funcionalidade para a obtenção do resultado final, onde a ordem das condições necessárias para o bom funcionamento do modelo seguem o Protocolo BioCAD, um conjunto de boas práticas desenvolvido no laboratório de Bioengenharia do CTI Renato Archer, estabelecido para manutenção da qualidade dos modelos aqui desenvolvidos. Dentro dessas práticas podemos citar a definição das superfícies de contato, regiões que servem para delimitar no processo de simulação, as áreas de interação entre os corpos presentes no modelo, referenciando para o cálculo os eixos de liberdade do modelo, que servem para definir as deformações e deslocamentos impostos pela ação das forças atuantes no modelo mecânico. O objetivo deste trabalho é avaliar duas técnicas distintas de geração das superfícies de contato, a convencional, diretamente no CAD e a Booleana por interação entre malhas, feita pelo software de simulação Hyperworks, para identificar a funcionalidade e vantagens de ambas as técnicas.

Palavras-chave: Simulação Computacional, Bioengenharia, BioCAD.

1. Introdução

Na bioengenharia temos a aplicação de conceitos de engenharia clássica aplicadas a condições biológicas, para assim analisar analiticamente fenômenos como alavancas motoras, resistência de materiais biológicos como ossos e cartilagens e ação de dispositivos como implantes e próteses (NERSESIAN,2012). Dentro destas análises, as ferramentas de desenho assistido por computador e simulação computacional podem ser aplicadas para compreensão dos fenômenos físicos(MOERMAN,2018).

Para aplicação das ferramentas de engenharia deve-se seguir alguns protocolos, para garantir a veracidade das respostas geradas, como por exemplo a condição de comparação entre um modelo anatômico tridimensional e uma porção anatômica real. Dentro destes protocolos para validação de um modelo anatômico, pode-se citar o protocolo BioCAD, que consiste em um conjunto de técnicas para modelagem 3D que ao mesmo tempo simplifica as complexas geometrias orgânicas de um modelo anatômico e mantém as principais referências que caracterizam a peça gerada como uma representação válida(PERESTRELO,2015).

Para geração do modelo são necessárias etapas realizadas em softwares distintos, onde há a adequação de um modelo base ou geração do mesmo com um a ferramenta de desenho 3D, a

criação da malha de elementos finitos para a simulação, as regiões de contato e condições de contorno, que delimitam a análise a ser realizada(BHERING,2016).

Os contatos correspondem a regiões de interface entre dois ou mais componentes dentro de uma simulação, podendo descrever como as tensões em um sistema percorrem os componentes. Estas regiões podem ser geradas de diversas formas, dentre elas a utilização de ferramentas booleanas, na etapa de modelagem, ferramentas que utilizam a intersecção de volumes de dois componentes para criação de um novo volume (TILOVE,1980). O objetivo deste artigo é comparar a utilização de duas estratégias distintas para a geração de um modelo biomecânico.

2. Metodologia

Para a aplicação do estudo, foi escolhido um modelo de simulação biomecânica, onde o intuito era avaliar a influência do parafuso bicortical na estabilização em uma cirurgia ortognática para avanço da mandíbula (Figura 1).

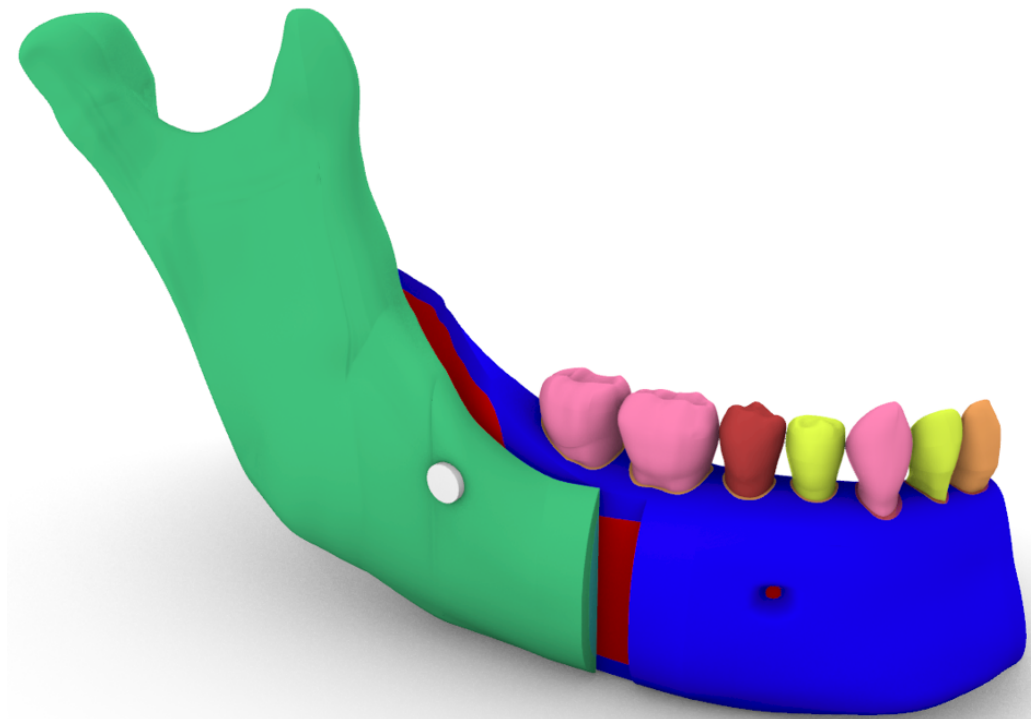


Figura 1 – Exemplificação do Biomodelo em estudo

No caso foram executados dois modelos, um com e outro sem o parafuso bicortical. O parafuso foi escolhido como objeto de estudo, pois o mesmo possui uma superfície de contato complexa, pois interage com 4 malhas distintas, sendo que uma delas, a da cabeça, sobre uma superfície irregular, possibilitando a configuração de um contato parcial (Figura 2), Desta forma, foram definidas duas estratégias para geração do modelo.

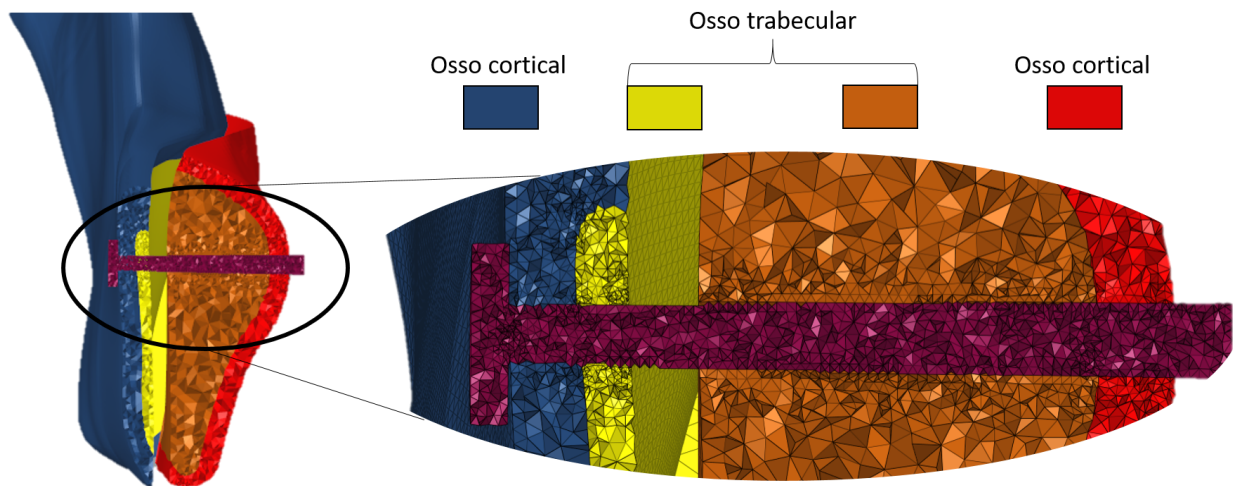


Figura 2 – Regiões de contato do modelo

Seguindo a técnica original, todas as interfaces foram realizadas no modelo CAD, ainda na etapa de adequação da geometria, criando as regiões de interface entre as superfícies de contato, através de comandos como o split, que possibilita dividir as superfícies de acordo com um referencial geométrico. Após a etapa de CAD, o modelo foi enviado para o gerador de malha, onde foi realizada a técnica de paridade de malha, transferindo as regiões de malha onde há o contato entre elementos para utilizá-la para criação do contato, garantindo assim uma paridade dos nós da malha (Figura 3).

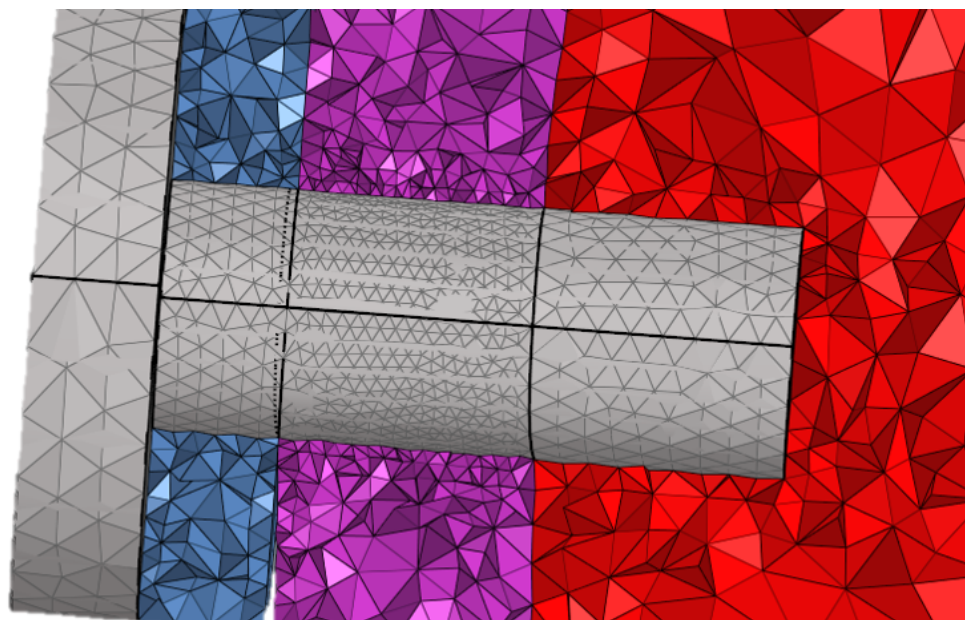


Figura 3 – Técnica convencional

Já para o segundo exemplo, utilizando a nova técnica proposta, o modelo não sofre nenhuma alteração geométrica quanto aos contatos dentro do programa de CAD, nele, posicionamos as peças a serem utilizadas para a criação do contato de modo a garantir que estivessem em contato nas regiões de interesse. Após isso, utilizando o gerador de malhas, foram criadas as malhas de cada um dos corpos de maneira individual, e utilizando o comando de interação

booleana, realizou-se as interações entre as malhas de cada modelo (Figura 4). As malhas são alteradas, criando a paridade de nó diretamente na malha, gerando as regiões de contato.

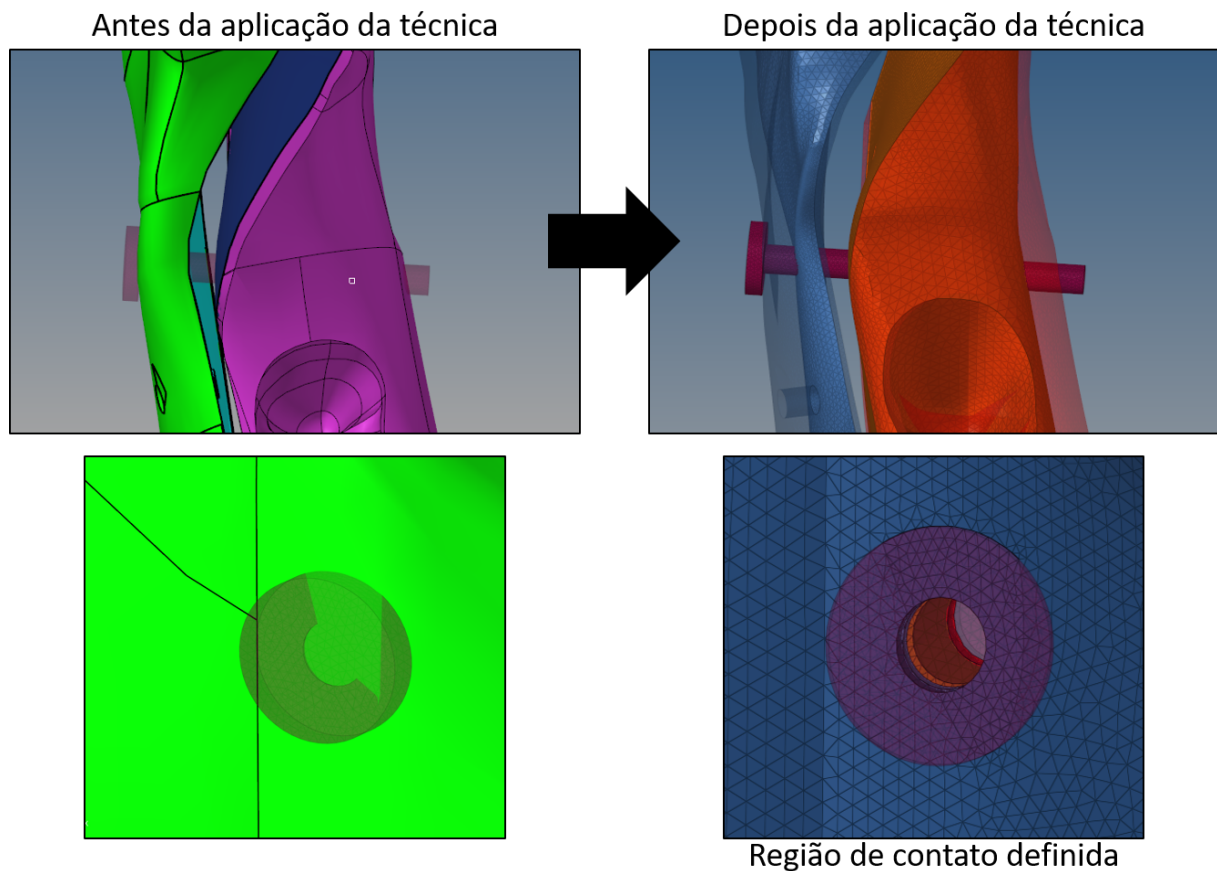


Figura 4 – Técnica de Booleana em Malha

3. Resultados

Para comparar os resultados, foram avaliadas as capacidades de cada uma das soluções em cumprir com a função de criar os contatos, levando em consideração o número de paços, tempo para criação de uma região de contato, e se a solução consegue gerar uma boa qualidade de contato e malha.

Comparativamente, em relação ao número de funções, na técnica convencional, são utilizadas quatro etapas, sendo duas na etapa de modelagem e outras duas na geração da malha. Já na técnica de booleana temos a redução de uma etapa na fase de modelagem, tendo apenas o posicionamento dos modelos pertencentes ao contato, já na etapa de geração da malha, ainda temos 2 etapas, porém a o comando de geração da malha de contato e gerado ao mesmo tempo que a região de intersecção entre os objetos e gerada diretamente na malha, facilitando o processo por ser mais rápida de executar que o comando anteriormente descrito.

Comparativamente, as duas soluções conseguiram atender ao esperado, gerando superfícies de contato eficientes, conseguindo manter a qualidade e resolução da malha, não gerando alterações em relação aos resultados de tensão obtidos. As diferenças são notáveis em relação ao tempo necessário para a criação de uma região de contato, com a técnica booleana por malha, é possível realizar o modelo rapidamente, principalmente comparando com a necessidade de alterações no modelo, que por realizar essa interação dentro do software de

criação de malha, é reduzida uma etapa no processo de alteração do modelo, pois as alterações são feitas diretamente na malha, evitando a remodelagem de toda a malha do modelo.

A flexibilidade do modelo quanto a sua capacidade de ser alterado é melhorada, possibilitando que pequenas alterações sejam facilmente realizadas nos modelos, possibilitando alterar e também agilizando a confecção de modelos com pequenas alterações.

4. Conclusões

A utilização das ferramentas de criação de contato por meio de interação de malha contribuem positivamente para um melhor andamento do projeto, pois simplificam a etapa de criação das regiões de contato para um único comando, ao contrário da metodologia utilizada anteriormente, pois reduz o número total de etapas para alcançar o resultado final eliminando a necessidade de remodelamento dos componentes em CAD e as demais etapas de paridade de malha, condensando todas em um só comando.

Porém ao compararmos com a metodologia convencionalmente aplicada, temos outros desafios em vista, pois ao se executar o contato diretamente no software de geração de malha de elementos finitos, apesar de simplificarmos o número de comandos, se faz necessário maiores cuidados no posicionamento e detalhamento do modelo CAD, principalmente quanto às regiões de interpenetração necessárias para o bom funcionamento das ferramentas booleanas, para uma melhor qualidade da região de contato final.

Sendo assim, a metodologia mostra-se promissora, auxiliando no processo de obtenção dos modelos biomecânicos, mesmo com a necessidade de um maior polimento nas etapas iniciais do projeto. Sendo uma solução viável para implementação dentro do protocolo de modelagem existente.

5. Agradecimentos

Agradeço ao CNPQ e a comissão PCI pela oportunidade a mim cedida pela contemplação da bolsa, aos meus colegas de laboratório e em especial ao meu orientador Jorge Vicente Lopes da Silva e coorientador, Pedro Yoshito Noritomi, pelo conhecimento e oportunidades de debate que contribuem tanto para o trabalho como para meu desenvolvimento como pesquisador. Agradeço ao CTI Renato Archer pela infraestrutura e material disponível para execução deste trabalho.

Referências

- [1] NERSESSIAN, Nancy J. Engineering concepts: The interplay between concept formation and modeling practices in bioengineering sciences. *Mind, Culture, and Activity*, v. 19, n. 3, p. 222-239, 2012.
- [2] MOERMAN, Kevin M. GIBBON: the geometry and image-based bioengineering add-on. *Journal of Open Source Software*, v. 3, n. 22, p. 506, 2018.
- [3] PERESTRELO, Pedro Fábio Mendonça et al. Comparação de técnicas de modelagem: BioCAD versus STL.ENEBI. 2015
- [4] BHERING, Cláudia Lopes Brilhante et al. Comparison between all-on-four and all-on-six treatment concepts and framework material on stress distribution in atrophic maxilla: A prototyping guided 3D-FEA study. *Materials Science and Engineering: C*, v. 69, p. 715-725, 2016.
- [5] TILOVE, R. B.; REQUICHA, Aristides AG. Closure of boolean operations on geometric entities. *Computer-Aided Design*, v. 12, n. 5, p. 219-220, 1980.