

# A UTILIZAÇÃO DA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL NA CONFEÇÃO DE ÓRTESES ALTERNATIVAS PARA MEMBROS SUPERIORES

**Daniel Thomazini**  
thomazini@unifor.br

**Maria Virginia Gelfuso**  
virginia@unifor.br

**Tereza Águida Costa do Nascimento**  
terezaaguida@yahoo.com.br

**Emanuel Frota Fonteles**  
fonteles@fortalnet.com.br

## Resumo

O alto índice de pessoas que necessitam de uma órtese pode ser constatado nos vários segmentos de atendimento de saúde, em todo o país, e, não tem sido diferente no Núcleo de Assistência Médica Integrada (NAMI)/UNIFOR. O alto custo dos materiais atualmente empregados torna inviável a aquisição destes dispositivos pela grande parcela da população, pouco privilegiada economicamente, permitindo assim que a patologia dos pacientes se desenvolva livremente. Para minimizar este problema, está sendo pesquisada a confecção de órteses alternativas, utilizando um compósito polímero termofixo/fibra de vidro. Pacientes do NAMI, usuários dos modelos de posicionamento ventral e dorso-ventral foram selecionados e responderam a questionários após 15 dias de utilização dos aparelhos. Análises estatísticas revelaram a necessidade de aprimoramentos. Utilizando o software SAP 2000, ambos os modelos foram submetidos à simulação computacional buscando caracterizar a distribuição de tensões, possibilitando remover material de áreas pouco solicitadas mecanicamente, tornando as órteses mais leves, discretas e confortáveis.

**Palavras-chave:** *órtese, simulação computacional, fibra de vidro.*

## Abstract

The high index of people that need splint can be evidenced in the several segments of health care in the whole country and, it has not been different in the Nucleus of Medical Assistance Integrated (NAMI)/UNIFOR. The high cost of the materials currently used becomes unviable the acquisition of these devices for the great portion of the population, not very privileged economically, thus allowing the patients' pathology as soon as is developed freely. To minimize this problem, it is being researched the making of alternative splint using a thermosetting polymer/glass fiber composite. Patient of NAMI, users of the resting splint and dorsal resting splint positioning models, were selected and they answered the questionnaires after 15 days of use of the devices. Statistical analyses had revealed the necessity of improvements. Using software SAP 2000, both models were submitted to the computational simulation searching to characterize the stress distribution, making possible to remove material of the areas mechanically not very requested turning splinting lightness, discrete and comfortable.

**Keyword:** *splint, computational simulation, fiber glass.*

## 1 Introdução

Uma órtese é um dispositivo aplicado a qualquer parte do corpo, no caso, os membros superiores, isoladamente ou abrangendo mais de uma articulação, tendo como função estabilizar ou imobilizar, prevenir ou corrigir deformidades, proteger contra lesões, auxiliar na cura ou maximizar a função (MCDONALD, 1990)

As órteses há muito vêm sendo utilizadas no processo de reabilitação, como utensílios indispensáveis na reeducação dos pacientes, tanto na fisioterapia quanto na terapia ocupacional, proporcionando a manutenção dos resultados obtidos pelo

paciente, mesmo quando este não está realizando a terapia (CHAGAS, 2001). Existem relatos que os egípcios foram os primeiros a utilizar órteses, cerca de cinco mil anos atrás, para imobilizar membros fraturados (TEIXEIRA et al., 2003).

Muitos foram os materiais utilizados, ao longo do tempo, para a confecção de órteses. Madeira, couro, borracha, metal, gesso convencional, gesso sintético sempre tiveram êxito em imobilizar o membro deficiente, mas não atingem objetivos como conforto, estética.

Atualmente, órteses produzidas com o polímero termoplástico, comercialmente conhecido como Polyform, têm sido intensamente utilizadas, pois são muito leves e podem ser confeccionadas rapidamente, muitas vezes no momento da consulta do paciente. Entretanto, estes aparelhos não eliminam problemas de conforto como excesso de suor provocado pela grande área de contato com a pele. São ainda muito caros e pouco discretos, evidenciando a patologia e conseqüentemente inibem a sua utilização.

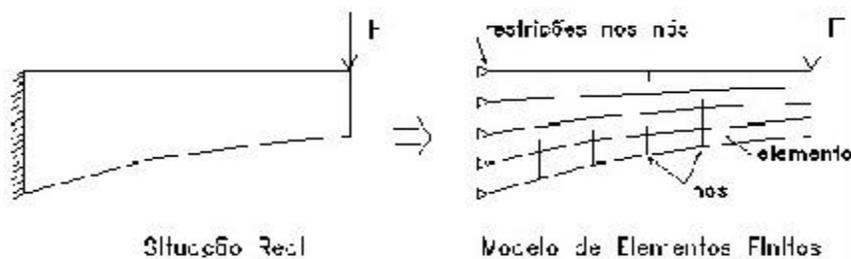
Na busca de um material que solucionasse definitivamente os pontos negativos apresentados, vêm sendo desenvolvida com pacientes do NAMI – UNIFOR uma proposta de confecção de órteses alternativas, à base compósito POLÍMERO TERMOFIXO – FIBRA DE VIDRO.

Neste estudo, os pacientes usuários das órteses responderam a questionários sobre a qualidade do material proposto (CHAGAS, 2001; CHAGAS et al., 2001). Através de uma análise estatística das respostas, percebeu-se a necessidade de se realizarem modificações na órtese (CHAGAS et al., 2001).

Para possibilitar a realização das modificações, foi necessário realizar um estudo da estrutura da órtese. Esta passou por uma simulação computacional, utilizando o Método de Elementos Finitos (MEF), para que se pudesse conhecer os esforços aos quais estaria submetida. A partir dos resultados obtidos, foi possível, então, retirar algumas partes da órtese que provocavam desconforto aos pacientes e não realizavam importante função na estrutura do material.

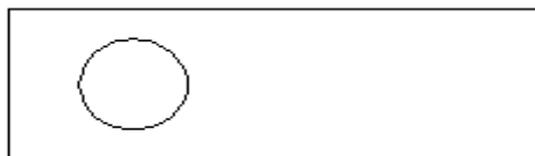
O MEF é um método matemático/computacional para análise de problemas do contínuo. O método permite que a peça em estudo tenha forma geométrica, carregamento e condições de contorno quaisquer. Ocorre uma semelhança física entre o modelo FEA (Finite Element Analysis) e a situação física real, não sendo o modelo uma abstração matemática difícil de ser visualizada (BATHE, 1996; COOK, MALKUS e PLESHA, 1998).

O modelo de elementos finitos é composto por elementos conectados entre si, por nós, formando a malha de elementos finitos, como visto na Fig. 1.1.



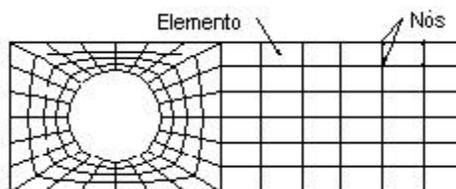
**Figura. 1.1:** Modelo de elementos finitos.

No caso de tensões/deformações, cada nó possui até seis graus de liberdade em relação ao sistema de coordenadas cartesianas globais, dependendo do tipo de elemento. Um grau de liberdade é a possibilidade que um nó tem de rotacionar ou transladar em relação a um eixo coordenado. Uma peça pode ser desenhada em Auto Cad, como é exemplificado na Fig. 1.2., a seguir.



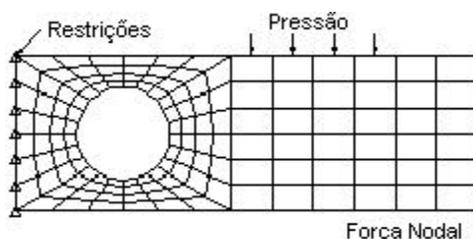
**Figura 1.2:** Exemplo de modelo no Auto cad.

Em seguida, é feita a malha de elementos finitos, que consiste na divisão da estrutura em elementos conectados por nós (Fig. 1.3). Posteriormente é feito um modelamento da malha, para que esta se aproxime do modelo real, sendo realizadas restrições e carregamentos.



**Figura 1.3:** Exemplo da malha de elementos finitos

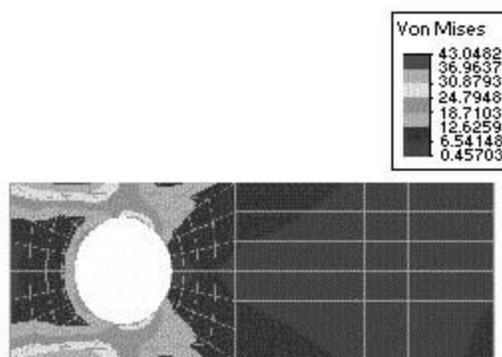
As restrições definem como a estrutura se relaciona com o meio ambiente e os carregamentos definem as solicitações nas quais a estrutura da peça está submetida, como, por exemplo, forças nodais, pressões, cargas térmicas, etc (Fig. 1.4).



**Figura 1.4:** Exemplo da aplicação de forças

A partir do modelamento da órtese, definem-se as características físicas do material a ser utilizado e são calculados os deslocamentos nodais e tensões. As tensões podem ser visualizadas (na forma de mapas com faixas em tonalidades diferentes) nas direções principais, sendo que os valores máximos e mínimos principais (fadiga) ou de acordo com os critérios de resistência de Von Mises ou Tresca.

Podem ser visualizadas as regiões de maior concentração de tensões, que, durante a vida útil da estrutura, estarão mais propensas a apresentarem trincas (permitindo escolher futuros pontos de inspeção).



**Figura 1.5.** Exemplo da localização das tensões na malha de elementos finitos. Valores em Pa.

## 2 Materiais e Métodos

Primeiramente, foram retirados de dois pacientes, usuários dos modelos de órteses ventral e dorso-ventral (FESS, GETTLE e STRICKLAND, 1987), os moldes em gesso (negativo). A partir destes, foram feitos os desenhos no software Auto cad R 14 obedecendo aos detalhes, em escala, constituindo a estrutura a ser simulada. Embora as forças aplicadas sobre o aparelho ortótico sejam individuais de cada paciente, as órteses foram simuladas considerando que estivessem sendo submetidas aos

máximos valores de tensão que podem ser aplicados por um adulto com idade média de 35 anos, disponíveis em literatura (LI, ZATSIORSKY, e LATASH, 2000). Foi considerado que cada dedo aplica uma força direcionada perpendicularmente à órtese e os pontos de amarração do modelo foram considerados fixos.

A simulação computacional, realizada no software SAP 2000, exibiu a distribuição das tensões sobre a peça e revelou as áreas que menos sofrem esforços mecânicos e, por isso, foram descartadas no novo e otimizado modelo da órtese.

Para a confecção do novo modelo, o molde em gesso recebeu lixamento seguido de uma camada de resina para tornar a superfície regular, facilitando a remoção da órtese do negativo. Depois de seco, em estufa a 60°C, o molde recebeu desmoldante comercial, PVAL, e foi mantido em estufa novamente até a completa secagem.

No estágio seguinte, ocorre a confecção da órtese propriamente dita, ou seja, é a etapa onde são colocadas camadas de fibra de vidro e de resina de poliéster sobre as regiões mais solicitadas, seguindo o padrão otimizado. Após a cura da resina, o acabamento final foi realizado polindo as bordas da órtese e acrescentando velcros para fixação ao membro do paciente.

### 3 Resultados e Discussões

As Figuras 3.1 A e B apresentam a distribuição de tensão, em Pa, nos modelos de posicionamento ventral e dorso-ventral, respectivamente. As regiões mais escuras representam áreas de menor tensão podendo ser descartadas na confecção do modelo otimizado das órteses.



**Figura 3.1.** Resultado da simulação das órteses no programa SAP 2000. (A) Modelo de posicionamento ventral. (B) Modelo de posicionamento dorso-ventral, à direita pode ser observada a malha do modelo. Valores de tensão em Pa.

Com base nesse padrão de distribuição de tensões, foi possível confeccionar órteses específicas a cada paciente, o que reduziu bastante os aspectos negativos citados nos questionários com base no conforto, presença de pontos de contato, aparência do material, peso da órtese e aderências à pele. Essa redução de área possibilitou também uma redução do custo da órtese, já que uma menor quantidade de material é empregada.

A Figura 3.2 apresenta o modelo otimizado da órtese de posicionamento ventral onde é evidenciada a redução de área do aparelho. Quanto à Figura 3.3, apresenta um paciente fazendo uso de uma órtese de posicionamento dorso-ventral, para estabilizar o membro superior direito, que é espástico. A utilização dessa órtese complementa a terapia e possibilita uma melhoria no quadro geral do paciente.



**Figura 3.2:** Órtese de posicionamento ventral simulada.



**Figura 3.3.** Paciente utilizando órtese de posicionamento dorso-ventral simulada.

Devido à grande demanda de pacientes no NAMI – UNIFOR, um número reduzido de pacientes está fazendo uso da órtese. Deu-se preferência a pacientes que já tenham utilizado o outro modelo de órtese, pois estes estão mais aptos a realizar uma comparação entre a órtese convencional e a simulada.

Obviamente, esta abordagem introduz erros, e assim é de se esperar que a utilização do MEF seja acompanhada de um bom entendimento da teoria do método e do objetivo terapêutico da órtese em estudo. Além disso, o aparelho ortótico otimizado viabiliza a sua aplicação em pacientes que apresentam quadro clínico que envolva a presença de feridas ou queimaduras, e o contato da pele com a órtese deve ser o mínimo possível. Imediatamente após vestir a nova órtese, os pacientes relataram uma sensação de maior conforto, e uma notável leveza. Uma semana depois, foram relatados que a sensação térmica é muito mais agradável e a transpiração é minimizada. Embora sejam aspectos bastante relevantes, foram resultados preliminares que, em uma etapa posterior, motivaram a aplicação em outros pacientes, os quais deverão responder a questionários objetivos com a finalidade de quantificar os resultados estatisticamente.

#### 4 Conclusão

A simulação computacional através do MEF pode ser um poderoso aliado, na determinação da geometria de uma órtese, pois ele identifica os pontos e/ou distribuição de esforços mecânicos nestes aparelhos. Esta metodologia otimizou a utilização

de material gasto nos aparelhos, tornando-os mais leves, discretos e confortáveis, sem comprometer a resistência mecânica e a sua funcionalidade. Elimina ainda todos os pontos negativos como: excesso de suor, pontos de aderência à pele, pontos de pressão que comprometem a circulação do membro e a diminuição da área livre da mão que afeta sua funcionalidade, que foram relatados pelos pacientes usuários.

Até o presente momento, o número de pacientes que estão testando a órtese é muito reduzido, mas, os primeiros resultados estão sendo satisfatórios, o que nos leva a procurar maneiras de melhorar o processo de confecção do material.

A demanda por órteses vem crescendo e outros modelos vêm sendo solicitados. Diante deste fato, outros modelos de órtese vêm sendo simulados em computador, utilizando o método de elementos finitos para otimizar a fabricação desses outros modelos e possibilitar que cada paciente possua uma órtese específica para si.

## Referências

- BATHE, K. J. *Finite element procedures*. New Jersey: Prentice Hall, 1996. 134 p.
- CHAGAS, J. N. Método elementos finitos no projeto de órteses. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO À PESQUISA, 7., 2001, Fortaleza. *Anais...* Fortaleza: Universidade de Fortaleza, 2001. p. 340.
- CHAGAS, J. N. M. et al. Órteses alternativas a base compósito polímero/fibra de vidro: aperfeiçoamento através de análise estatística da funcionalidade, conforto e estética. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO À PESQUISA, 7., 2001, Fortaleza. *Anais...* Fortaleza: Universidade de Fortaleza. 2001. p. 265.
- COOK, R. D.; MALKUS, D. S.; PLESHA, M. E. *Concepts and applications of finite element analysis*. New York: John Wiley & Sons, 1998.
- FESS, E. E.; GETTLE, K. S.; STRICKLAND, J. W. *Hand splint principles and methods*. 2<sup>nd</sup> ed. St. Louis: C.V. Mosby, 1987.
- LI, Z. M.; ZATSIORSKY, M. V.; LATASH, M. L. *The effect of extensor mechanism on finger flexor force*. Corvallis, 2000. Disponível em: <<http://asb-biomech.org/onlineabs/abstracts2000/pdf/036.pdf>>. Acesso em: 23 jun. 2003.
- MACDONALD, E. M. *Terapia ocupacional em reabilitação*. São Paulo: Santos, 1990. 119 p.
- TEIXEIRA, E. et al. *Terapia ocupacional na reabilitação física*. São Paulo: Roca, 2003. 98 p.

## SOBRE OS AUTORES

### Daniel Thomazini

Graduado em Ciência e Engenharia de Materiais pela Universidade Federal de São Carlos em 1998, M.Sc. em Engenharia e Ciência dos Materiais pela Universidade Federal do Ceará em 2000. Atualmente ocupa o cargo de coordenador do curso de Engenharia de Controle e Automação da Universidade de Fortaleza, onde atua em nível de graduação e pós-graduação, tendo orientado monografias.

### Maria Virginia Gelfuso

Graduada em Ciência e Engenharia de Materiais pela Universidade Federal de São Carlos em 1991, M.Sc. em Ciência e Engenharia de Materiais pela Universidade Federal de São Carlos em 1994 e D.Sc. em Ciência e Engenharia de Materiais pela Universidade Federal de São Carlos em 1998. Atualmente ocupa o cargo de coordenador do curso de pós-graduação *Lattus Sensus* em Engenharia de Manutenção Industrial da Universidade de Fortaleza, onde atua em nível de graduação e pós-graduação.

### Tereza Águida Costa do Nascimento

Graduanda do 7º semestre de fisioterapia na Universidade de Fortaleza. Bolsista do programa de Iniciação Científica da Fundação Edson Queiroz (FEQ/PROBIC).

### Emanuel Frota Fonteles

Graduando do 10º semestre de Arquitetura e Urbanismo na Universidade de Fortaleza. Bolsista do programa de Iniciação Científica do CNPq (PIBIC/CNPq).