

# Ergômetro Projetado para Cadeirantes com Paraplegia

**Denize Vilela Novais**, Faculdade de Engenharia Mecânica, UFU,  
e-mail: [denizemecanica@yahoo.com.br](mailto:denizemecanica@yahoo.com.br), home-page: <http://www.mecanica.ufu.br>

**Cleudmar Amaral de Araújo**, Faculdade de Engenharia Mecânica, UFU,  
e-mail: [cleudmar@mecanica.ufu.br](mailto:cleudmar@mecanica.ufu.br), home page: <http://www.mecanica.ufu.br>

**Silvio Soares dos Santos**, Faculdade de Educação Física, UFU,  
e-mail: [silvio@ufu.br](mailto:silvio@ufu.br), home-page: <http://www.faefi.ufu.br>

**Marcos Morais de Sousa**, Faculdade de Engenharia Mecânica, UFU,  
e-mail: [mmsousa@mecanica.ufu.br](mailto:mmsousa@mecanica.ufu.br), home page: <http://www.mecanica.ufu.br>

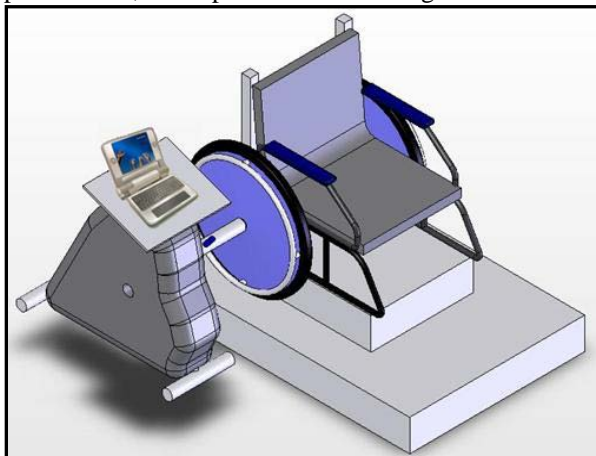
**Gina Lizette Anyull Salgado Cubides**, Faculdade de Engenharia Mecânica, UFU,  
e-mail: [anyull@mecanica.ufu.br](mailto:anyull@mecanica.ufu.br), home-page: <http://www.mecanica.ufu.br>

## Introdução

Com o intuito de possibilitar aos cadeirantes com paraplegia uma avaliação física correta e válida é que surgiu a proposta do presente trabalho, afim de apresentar a configuração de um ergômetro de cadeira de rodas sem adaptações, simplesmente denominado de ergômetro para cadeirantes projetado dentro do contexto da importância do desenvolvimento de equipamentos para pessoas portadoras de deficiências. O equipamento poderá ser utilizado por atletas paraolímpicos e não atletas para aplicação de testes aeróbios e anaeróbios, como o teste de Wingate, afim de avaliar fisicamente os mesmos, de modo que o equipamento represente o gesto motor realizado em cadeira de rodas e permita aos usuários cadeirantes serem avaliados da mesma maneira que os não portadores de deficiência.

## Metodologia

O dispositivo construído é formado por uma estrutura para a propulsão dos aros e sustentação do cadeirante e outra que corresponde ao sistema eletromagnético de geração de resistência, sendo as estruturas conectadas por um eixo, como pode ser visto na Fig.1.



**Figura 1: Desenho da Estrutura Inicial do Projeto em Solid Edge.**

O equipamento será viabilizado para ser utilizado em centros de pesquisa e clínicas de reabilitação. Existem equipamentos nacionais que foram desenvolvidos para a aplicação de testes em pessoas não portadoras de deficiência adaptados para esta população, porém os resultados são questionados, pois não se verifica a condição de especificidade do gesto.

O desenvolvimento de aparelhos que possam se aproximar a estes padrões torna-se necessário para que os resultados dos testes possam ser válidos e confiáveis, assim solucionando principalmente problemas de natureza biomecânica. Neste trabalho é apresentado as metodologias para a construção do ergômetro e de como foi feita a análise de um modelo inicial de elementos finitos feito para verificação da estrutura de sustentação do cadeirante.

Primeiramente foram estudados os tipos de testes que podem ser realizados neste tipo de equipamento, tanto aeróbios quanto anaeróbios. Existem vários testes com o objetivo de avaliar a potência e as capacidades anaeróbias, dentre os quais o mais utilizado é o teste de Wingate (INBAR; BAR-OR; SKINNER, 1996). O teste anaeróbio de Wingate pode ser realizado tanto para membros inferiores, quanto em uma forma adaptada para membros superiores.

Para INBAR et al. neste teste a potência gerada durante os 30 segundos é denominada potência média, e reflete a resistência localizada do grupo muscular em exercício, utilizando energia principalmente das vias anaeróbias. A maior potência gerada em 3 ou 5 segundos é denominada de potência de pico e fornece informação sobre o pico de potência mecânica que pode ser desenvolvido pelo grupo muscular que realiza o teste. Como a potência de pico ocorre normalmente nos primeiros 5 segundos do teste que proporciona também o índice de fadiga, dado pela eq. (1).

$$I_F(\%) = \left[ \frac{N_P - N_M}{N_P} \right] * 100 \quad (1)$$

Onde  $N_p$  = Potência de pico e  $N_M$  = Menor Potência Gerada no Teste

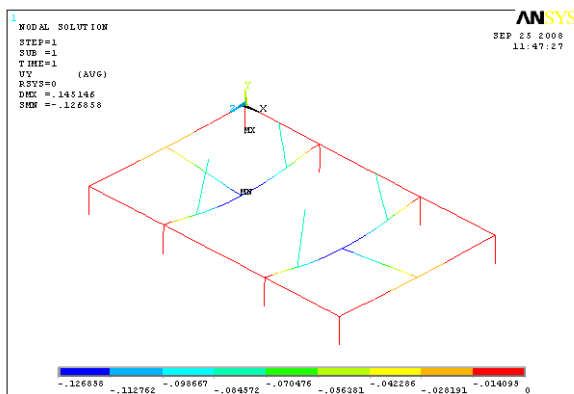
Todos os ergômetros fabricados especificamente para uma modalidade esportiva exercida possibilitam a realização do teste de esforço para obter as potências aeróbias e anaeróbias.

A ergometria em cadeira de rodas é projetada baseada nos princípios similares àqueles usados pelo ciclo ergômetro Monark. A unidade da roda de uma cadeira de rodas é conectada a um volante de alta inércia e a resistência ao movimento é modificada ajustando a tensão na fita em torno do volante ou a velocidade nos aros de propulsão. A vantagem da ergometria em cadeira de rodas, à exceção do treinamento da especificidade, é que é relativamente barato e pode igualmente exatamente determinar a potência de saída. Porém este tipo de equipamento ainda não está disponível no mercado (APPLE et al., 2004).

Apesar de atender a especificidade este equipamento parte de uma adaptação de um ergômetro de braço e não é dedicado especificamente para cadeirantes, como é o caso deste projeto que, além disso, não utiliza sistema de monitoramento com aplicativos dedicados para avaliar o condicionamento físico e que utilizem um sistema de resistência eletromagnético.

## Resultados

A Figura 2 mostra os deslocamentos na direção y através da modelagem por elementos finitos cujas dimensões da estrutura do módulo de propulsão foram avaliadas considerando um carregamento aplicado de 160 kgf sobre o módulo de propulsão (estrutura de sustentação do assento). A análise foi feita através do Programa Ansys. Além da avaliação da resistência do módulo de propulsão, foram observados os pontos críticos da estrutura em termos do campo de tensões e deslocamentos e a possibilidade de falha estrutural.



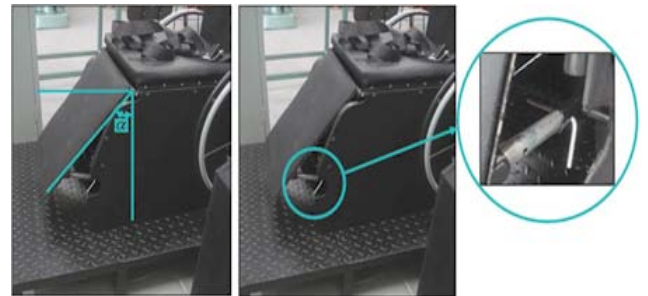
**Figura 2: Visualização dos deslocamentos na direção y na estrutura.**

Portanto verificou-se que a estrutura construída, conforme Fig. 3 possui boa rigidez, suporta bem o carregamento imposto e que está dimensionada.



**Figura 3: Ergômetro para Cadeirantes Finalizado.**

O equipamento construído apresenta regulagens para melhor posicionamento das pernas dos cadeirantes, como pode ser visto na Fig. 4.



**Figura 4: Regulagens Possíveis no Ergômetro.**

## Conclusões

O ergômetro projetado para cadeirantes com paraplegia foi construído e encontra-se na fase de calibração do sistema de geração de resistência, para obtenção da potência muscular do usuário.

Encontra-se em andamento uma análise dinâmica da estrutura, em função do tipo de esforços aplicados pelo cadeirante ao realizar a propulsão.

Paralelamente uma análise de modelo de utilidade do equipamento.

## Agradecimentos

Ao CNPq e à Fapemig pelo apoio financeiro.

## Referências bibliográficas

Apple, D.F. Physical Fitness: A Guide for Individuals with Spinal Cord Injury, Diane Publishing, 2004. 110p.

Inbar, O.; Bar-or, O.; Skinner, J.S. The Wingate Anaerobic Test: An Update on Methodology, Reliability and Validity. Champaign: Human Kinetics, 1996. 110p.