

ARO PARA MEDIAÇÃO DE FORÇA TANGENCIAL EM CADEIRAS DE RODAS COM PROPULSÃO ASSISTIDA

Luis Henrique Pereira de Almeida, Marko Ackermann
Engenharia Mecânica, Centro Universitário FEI
luis-henrique1979@hotmail.com mackermann@fei.edu.br

Resumo: O trabalho consistiu no projeto do aro de uma cadeira de rodas manual com propulsão assistida, cujo objetivo é estimar a força tangencial aplicada pelo usuário. O software Autodesk Inventor foi utilizado para o desenho 3D e o software de análise em elementos finitos ANSYS, para verificar o comportamento do aro submetido a forças típicas aplicadas durante a propulsão. O projeto satisfaz os requisitos e os resultados das simulações mostram resistência e rigidez adequados frente aos esforços durante a propulsão.

1. Introdução

O uso de cadeira de rodas para pessoas com deficiência motora pode melhorar a qualidade de vida, pois proporciona mobilidade para as tarefas do dia a dia. O tipo de cadeira mais comum é a de propulsão manual, no entanto, embora seja usada por muitas pessoas, é considerada uma forma ineficiente de locomoção e é causadora de lesões e dores nos membros superiores dos cadeirantes [1, 2, 3].

As cadeiras de rodas motorizadas reduzem as demandas mecânicas mas não proporcionam exercícios físicos, os quais trazem diversos benefícios importante para a saúde. Sendo assim, são prescritas a pessoas que possuem um grau mais elevado de deficiência motora.

Para combinar a facilidade de locomoção da cadeira motorizada, com os benefícios à saúde proporcionados pela propulsão manual, foi desenvolvida uma nova modalidade de cadeira de rodas, denominada *power-assisted wheelchair* e que, nesse trabalho, foi chamada de cadeira de rodas com propulsão assistida [4, 5]. Essas cadeiras de rodas possuem motores que auxiliam a locomoção, sem substituir a propulsão manual. A maioria das estratégias de controle requer a medição das forças tangenciais aplicadas no aro de propulsão.

Estudos mostram que esse tipo de cadeira auxilia a locomoção em terrenos acidentados, em rampas e em pavimentos com grama e carpete, reduzindo os esforços musculares nos membros superiores. No entanto, seu desempenho em ambientes confinados foi inferior em comparação com as cadeiras com propulsão manual. Essas observações indicam a necessidade de melhorias nas estratégias de controle e interação com o usuário.

2. Metodologia

Para a medição da força tangencial aplicada, foram realizadas modificações entre o aro e a roda, para transformar a estrutura que, inicialmente era hiperestática, em isostática. A proposta foi conectar o aro por meio de uma única estrutura tubular central, que transmite as forças e momentos aplicados pelo cadeirante à roda, conforme mostrado na figura 1.



Figura 1: Desenho do projeto proposto com aro conectado à roda por uma estrutura tubular central.

O eixo que liga o aro à roda é o dispositivo de medição onde ficarão instalados os extensômetros e é conectado à roda por uma rosca. Dessa forma, pode-se medir, através da instalação apropriada de *strain gauges*, o momento torçor passando pela estrutura tubular e estimar a força tangencial aplicada no aro conhecendo-se o seu raio.

Para que os extensômetros possam medir deformações associadas ao momento torçor, foi necessário ajustar a espessura da parede de forma a atingir uma sensibilidade suficiente sem reduzir excessivamente a rigidez do sistema e garantindo resistência adequada. Além disso, foi preciso que o comprimento do eixo fosse o suficiente para que, ao se realizar a instrumentação, as medidas não fossem afetadas pelos efeitos de borda, conforme ilustrado na figura 2.

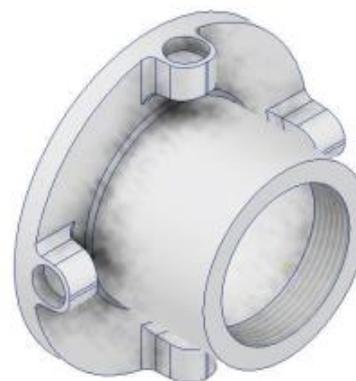


Figura 2: Estrutura tubular que conecta o aro de propulsão à roda.

Para conectar o aro ao eixo, foram selecionadas quatro barras de aço, que serão montadas a partir de um sistema “prisoneiro”, de tal forma que, ao realizar a montagem, a extremidade inferior da barra seja

rosqueada no eixo e a extremidade superior seja rosqueada no aro.

Após a realização da montagem do aro no Autodesk Inventor, foi necessária a verificação do comportamento do sistema ao serem aplicadas forças típicas, através de análises em elementos finitos. Para isso, foi utilizado o software ANSYS.

3. Resultados

Após serem aplicadas todas as condições de contorno, utilizando forças típicas segundo bibliografia especializadas, foram obtidas as tensões de cisalhamento, a tensão equivalente de Von-Mises e as deformações na região do eixo. Os deslocamentos obtidos foram pequenos e apropriados para a aplicação na cadeira de rodas.

A componente YZ da tensão de cisalhamento (na direção tangencial no plano transversal) está associada ao torque no eixo e tem o valor de aproximadamente 3,8 MPa na região onde será instrumentada, conforme figura 3.

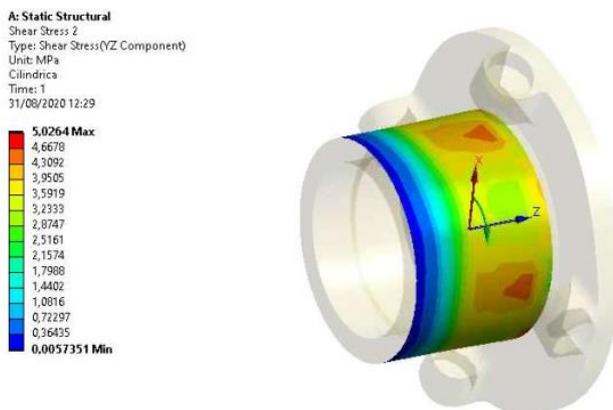


Figura 3: Tensão de cisalhamento (componente YZ).

Analisando a coloração amarela na figura 4, observa-se que a deformação de cisalhamento que ocorre nessa mesma região é de aproximadamente 140 μ d (microdeformações).

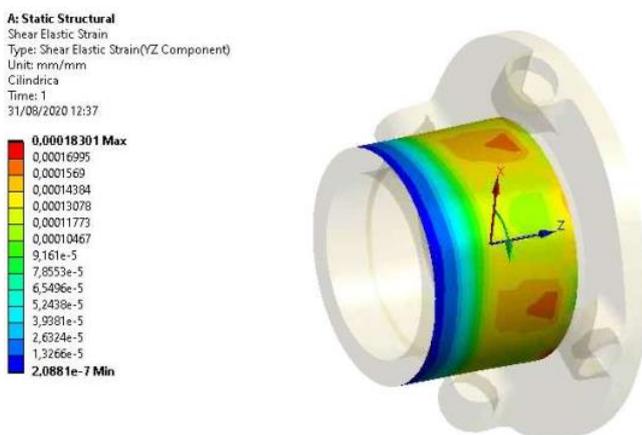


Figura 4: Deformações de cisalhamento (componente YZ).

A deformação que os *strain gauges*, instalados a 45° medirão é calculada conforme abaixo:

$$\varepsilon = \gamma/2 \quad (1)$$

sendo γ a deformação de cisalhamento. Ao realizar o cálculo, utilizando a deformação de cisalhamento obtida na simulação, tem-se que a deformação medida pelos *strain gauges* será de aproximadamente 70 μ d para as forças típicas aplicadas no ato durante a propulsão.

4. Conclusões

Este trabalho de Iniciação Tecnológica contribuiu para o desenvolvimento de um aro de propulsão instrumentado que possibilita a medição da força tangencial aplicada pelo cadeirante, medição essencial na implementação da maioria das estratégias de controle neste tipo de cadeira de rodas.

A solução proposta para a instrumentação dos extensômetros, a partir de uma estrutura tubular que conecta o aro à roda, foi uma forma simples e efetiva de atingir o objetivo. Os resultados das simulações mostram que a solução e o projeto permitem medir as forças tangenciais típicas aplicadas em cadeiras de rodas garantindo resistência e rigidez adequadas nas condições típicas de trabalho. Além disso, o projeto possibilita ajustes, montagem/desmontagem e modificações em seus componentes.

5. Referências

- [1] Cooper, R. A., Quatrano, L. A., Axelson, P. W., & Harlan, W. (1999). Research on physical activity and health among people with disabilities: a consensus statement. *Journal of rehabilitation research and development*, 36(2), 142.
- [2] Waters, R. L., & Mulroy, S. (1999). The energy expenditure of normal and pathologic gait. *Gait & Posture*, 9 (3), 207-231.
- [3] Van der Woude, L. H. V., Veeger, H. E. J., Dallmeijer, A. J., Janssen, T. W. J., & Rozendaal, L. A. (2001). Biomechanics and physiology in active manual wheelchair propulsion. *Medical Engineering & Physics*, 23(10), 713-733.
- [4] Guillon, B et al. (2015). Evaluation of 3 pushrim-activated power-assisted wheelchairs in patients with spinal cord injury. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 96(5), 894-904.
- [5] Kloosterman, M.M.G., Snoek, G.J., van der Woude, L.H.V., Buurke, J.H., Rietman, J.S. (2012) A systematic review on the pros and cons of using a pushrim-activated power-assisted wheelchair. *Clinical Rehabilitation*, 27(4), 299-313.

¹ Aluno de IT Luis Henrique Pereira de Almeida, 12.220.028-0 do Centro Universitário FEI (PIBITI - CNPq). Número do processo PBITI009/19. Projeto com vigência de 08/19 a 07/2020.