

ANÁLISE ESTRUTURAL EM CADEIRA DE RODAS MANUAL COM SISTEMA DE MOTORIZAÇÃO

STRUCTURAL ANALYSIS OF MANUAL WHEELCHAIR WITH MOTORIZATION SYSTEM

Adalberto Santos de Barros¹
Manuel Patrício da silva bisneto²
Leandro Cardoso da Silva³
Edgar Gonçalves Cardoso⁴
Lucas Almeida Willenshofer⁵

RESUMO

O artigo apresenta uma análise dos esforços na estrutura de uma cadeira de rodas adaptada com um sistema de motorização. A validação estrutural é uma etapa importante, pois indica como motorizar uma cadeira de rodas manual sem que sua estrutura precise de maiores modificações, o que demonstra uma economia significativa no processo de produção, possibilitando o acesso a um equipamento com um custo mais baixo. Os resultados foram positivos, demonstrando que é possível desenvolver soluções de equipamentos para cadeiras de rodas manuais, que tragam os mesmos benefícios de uma cadeira motorizada, com um custo mais acessível e mantendo sua integridade estrutural.

Palavras-chave: estrutura, motorização, custo, análise.

ABSTRACT

The article presents an analysis of the efforts made in the structure of a wheelchair adapted with a motorization system. Structural validation is an important step, as it indicates how to motorize a manual wheelchair without requiring major modifications to its structure, which demonstrates significant savings in the production process, enabling access to equipment at a lower cost. The results were positive, demonstrating that it is possible to develop equipment solutions for manual wheelchairs that offer the same benefits as a motorized wheelchair, at a more affordable cost and while maintaining its structural integrity.

Keywords: structure, motorization, cost, analysis.

1 INTRODUÇÃO

O aumento da população idosa no mundo impulsiona o mercado de cadeiras de rodas elétricas (Mordor Intelligence ,2024). Atualmente a população mundial cresce de uma forma mais lenta por acentuada queda na fecundidade e tem uma perspectiva de vida maior, devendo chegar em 8,5 bilhões de pessoas em 2030 e a perspectiva é de que pessoas com 65 anos ou mais sejam o mesmo número de crianças com menos de 12 anos, passando de 10% em 2022 para 16% em 2050 da população global (ONU, 2022).

O Brasil tem 14,4 milhões de pessoas com deficiência, idosos com 60 anos ou mais são 45,4% desse total. Observamos também que 2,6% da população tem dificuldade permanente para andar ou subir degraus, mesmo usando prótese ou outro aparelho de auxílio, o que representa 5,2 milhões de pessoas (IBGE, 2025).

Conforme estudos mencionados, há um aumento potencial de

consumidores desses produtos. O objetivo deste artigo é fazer uma análise dos esforços na estrutura e verificar a estabilidade de uma cadeira de rodas manual padrão e compará-los com a mesma cadeira adaptada com um sistema de motorização. Para desenvolver uma solução ótima deve-se extrair o melhor dessa estrutura, mantendo a sua integridade.

2 REVISÃO DE LITERATURA

As condições mínimas de funcionamento do sistema são determinadas por normas técnicas. A ABNT NBR ISO 7176-1 (ABNT, 2018) indica como determinar a estabilidade estática da cadeira de rodas, na ABNT NBR ISO 7176-11 (ABNT, 2016) informa dimensões construtivas do boneco de ensaio de até 300kg. Para o projeto utilizaremos uma cadeira de rodas que suporta uma carga de 120 kg.

3 METODOLOGIA

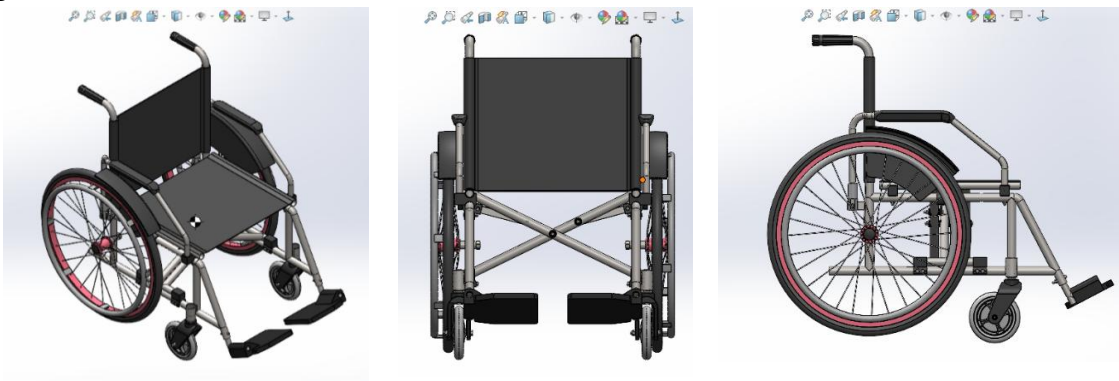
Para desenvolvimento do artigo seguiu-se as seguintes etapas:

- Desenho da estrutura de uma cadeira de rodas comercial padrão com capacidade de 120kg, considerando formato e materiais no modelo;
- Identificação do centro de massa global do sistema, cadeira e ocupante;
- Determinação da estabilidade estática da cadeira de rodas manual.
- Análise de esforços e deslocamento na estrutura da cadeira de rodas manual;
- Definição de conceito de sistema de motorização;
- Identificação do centro de massa global da cadeira com sistema de motorização;
- Análise dos esforços da estrutura buscando melhor condição em que os esforços sejam compatíveis com a estrutura sem o sistema acoplado.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

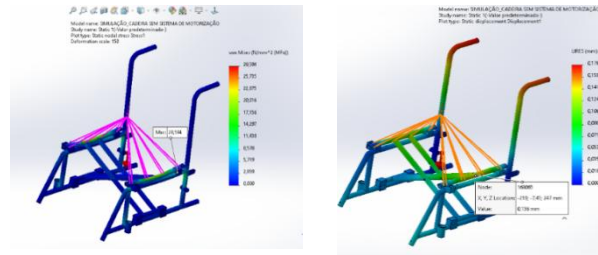
Considerando a utilização de uma cadeira de rodas manual que suporta uma carga máxima de 120kg e possui um peso de 22Kg (Figura 1), os pontos de apoio da cadeira juntos suportam uma carga máxima de 142Kg. Identificamos o centro de massa global da cadeira manual com ocupante, ângulos de tombamento, simulação de esforços e deslocamento (Figura 2).

Figura 1: Cadeira de rodas manual



Fonte: Autor

Figura 2: Simulação de esforço e deslocamento sem sistema de motorização;



Fonte: Autor

Para um conceito preestabelecido de sistema de motorização através de pesquisas, foram retiradas as rodas traseiras originais da cadeira para o acoplamento de um novo conjunto independente, buscando concentrar o peso dos equipamentos nas rodas traseiras novas, gerar maior estabilidade e diminuir concentração de carga nas rodas dianteiras. Com isso chegamos na configuração do modelo (Figura 3).

Figura 3: Conceito preestabelecido de sistema de motorização;



Fonte: Autor

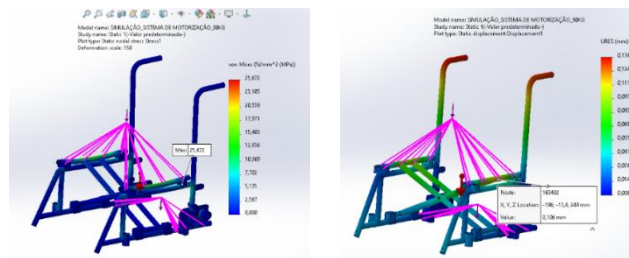
Com a inclusão de novos componentes foi identificado a necessidade de diminuição da capacidade de carga da cadeira de rodas pois naturalmente as reações em seus pontos de apoio seriam maiores com cargas maiores. Tivemos um acréscimo de 25Kg na massa da cadeira de rodas. Com isso foi analisado o comportamento das reações de apoio, esforços na estrutura e estabilidade para as cargas de 120Kg, 100Kg e 90Kg, conforme Figura 4. A única que apresenta reações de apoio compatíveis com a original é a carga de 90Kg pois sem o sistema de motorização temos uma variação de cargas nos apoios dianteiros de 70,9 Kgf a 89,9 Kgf contra uma variação de 62,2 Kgf a 75,7 Kgf, nas rodas traseiras tínhamos uma variação de 52 Kgf a 71Kgf contra 61 Kgf a 74Kgf com carga de 90Kg. A análise das reações desse esforço é apresentada na simulação no solidworks (Figura 5).

Figura 4: Tabela comparativa de todas as situações analisadas;

| | Tabela Comparativa das Simulações Realizadas | | | | |
|---------------------------------------|--|--------|------------------------|---------------------|-----------------------------------|
| | Localização do Centro de Massa (mm) | | Forças de Reação (Kgf) | | Tensão Máxima de Von-Misses (Mpa) |
| | XCM | YCM | Par Rodas Frontais | Par Rodas Traseiras | |
| Cadeira Original com carga de 120Kg | 237,35 | 177,93 | De 70,95 a 89,87 | De 52,13 a 71,05 | 28,59 |
| Cadeira Modificada com carga de 120Kg | 195,7 | 108,28 | De 82,96 a 101,19 | De 65,81 a 84,04 | 29,76 |
| Cadeira Modificada com carga de 100Kg | 180,23 | 95,48 | De 68,93 a 84,07 | De 62,93 a 78,07 | 27,27 |
| Cadeira Modificada com carga de 90Kg | 172,16 | 80,16 | De 62,24 a 75,93 | De 61,07 a 74,76 | 25,67 |

Fonte: Autor

Figura 5: Simulação de esforço e deslocamento com sistema de motorização com carga de 90Kg;



Fonte: Autor

5 CONCLUSÃO

Vemos que a tensão de Von-Mises máxima encontrada em cada situação é bem próxima, 28,59 MPa em seu estado original e 25,67 MPa após a modificação com carga de 90Kg. Como a tensão de escoamento do aço 1020 é de aproximadamente 350Mpa, observamos que temos uma grande margem de segurança na estrutura mesmo com carga máxima que foi de 29,76 Mpa e o deslocamento foram compatíveis mesmo com carga máxima. Nos cálculos identificamos maior estabilidade em todas as situações, pois o conjunto acoplado ficou deslocado 80mm para trás, o centro de massa ficou mais baixo e mais distante das rodas dianteiras, mas a melhor condição foi diminuir a capacidade de carga da cadeira para 90 Kg, pois as reações de apoio foram mais compatíveis. O custo de fabricação do dispositivo foi avaliado em R\$ 6.000,00, no mercado vemos cadeira de rodas de vários valores, existem modelos de R\$ 6.000,00, R\$ 13.000,00 e até acima de R\$ 20.000,00, sendo assim o dispositivo tem pleno potencial em ser uma opção. Esse valor foi baseado considerando compra no varejo, se considerarmos os valores em atacado e fabricação de peças do dispositivo, o custo tende a diminuir muito mais. Apenas um exemplo, redutor IBR Q40 utilizado custa aproximadamente R\$ 575,00 e motor de 24V com 250W custa R\$ 720,00, ou seja, cada motoredutor R\$ 1.295,00 no varejo, contra R\$ 2.658,00 em apenas um motoredutor original para cadeira de rodas Ottobock B400. É necessário avançar ainda mais nesse tipo de pesquisa que buscam melhorar o acesso a ferramentas que ajudam as pessoas com necessidades especiais.

REFERÊNCIAS

MORDOR INTELLIGENCE (Índia). **Tamanho do mercado de cadeiras de rodas elétricas e análise de participação – Tendências e previsões de crescimento (2024 – 2029)** Source: <https://www.mordorintelligence.com/pt/industry-reports/electric-wheelchair-market>. 2024. Mordor Intelligence. Disponível em: <https://www.mordorintelligence.com/pt/industry-reports/electric-wheelchair-market>. Acesso em: 07 jul. 2025.

IBGE (Brasil). Ibge. **Censo 2022: Brasil tem 14,4 milhões de pessoas com deficiência**. 2025. IBGE - CENSO 2022. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/43463-censo-2022-brasil-tem-14-4-milhoes-de-pessoas-com-deficiencia>. Acesso em: 07 jul. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 7176-1: Cadeira de Rodas Parte 1: Determinação de Estabilidade Estática**. 2 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2018. 32 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 7176-11: Cadeira de Rodas Parte 11: Bonecos de Ensaio**. 2 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2016. 32 p.

AGRADECIMENTOS

Toda a honra e toda a glória seja dada ao senhor nosso Deus.

i ADALBERTO SANTOS DE BARROS



Possui graduação em Engenharia de Controle e Automação pela Faculdade de Tecnologia Termomecânica e Pós-Graduação em Projetos de Mecânica Industrial na Faculdade de Tecnologia SENAI “Roberto Simonsen”.

ii MANUEL PATRÍCIO DA SILVA BISNETO



Doutor em Nano Ciências e Materiais Avançados DAI-UFABC- 2019-2024. Mestre em Engenharia (ITA) 2018. Graduação em Tecnologia em Processos de Produção pela UNESP- FATEC-SP 2002. Professor na Faculdade SENAI-SP Campus “Roberto Simonsen”

iii LEANDRO CARDOSO DA SILVA



Engenheiro de Produção Mecânica, com mestrado em Engenharia de Materiais e doutorado em Engenharia Mecânica. professor no Centro Universitário SENAI SP - Campus Roberto Simonsen e na FATEC

iv EDGARD GONÇALVES CARDOSO



Engenheiro de Produção Mecânica, especialista, mestre e doutorando e energia. Experiência em Manutenção, Gestão, Educação e Energia. Professor na Faculdade SENAI-SP Campus “Roberto Simonsen”

v

LUCAS ALMEIDA WILLENSHOFER



Engenheiro de Controle e Automação, Engenheiro Eletricista, Mestre em Engenharia Mecânica. Professor no Centro Universitário SENAI-SP Campus "Roberto Simonsen"