

DESENVOLVIMENTO DE UMA ESTRUTURA ARTICULÁVEL PARA TRANSFORMAR UMA CADEIRA DE RODAS EM UM TRICICLO ELÉTRICO

Daniel Januário Cordeiro Gomes, danieljanuario@yahoo.com.br

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais – PUC-MG
Av. Dom José Gaspar, 500 - Coração Eucarístico - Belo Horizonte - MG - CEP 30535-901

Marcone Ferreira Santos, marcone.ferreira92s@gmail.com

Departamento de Engenharia Mecânica, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais – PUC-MG
Av. Dom José Gaspar, 500 - Coração Eucarístico - Belo Horizonte - MG - CEP 30535-901

Rodrigo Bruck Cunha, rodrigobruckcunha@gmail.com

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais – PUC-MG
Av. Dom José Gaspar, 500 - Coração Eucarístico - Belo Horizonte - MG - CEP 30535-901

Gabriel Goulart Mendes Marra, gabrielgoulartmendes@gmail.com

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais – PUC-MG
Av. Dom José Gaspar, 500 - Coração Eucarístico - Belo Horizonte - MG - CEP 30535-901

Claysson Bruno Santos Vimieiro, claysson@pucminas.br

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais – PUC-MG e
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG
Av. Dom José Gaspar, 500 - Coração Eucarístico - Belo Horizonte - MG - CEP 30535-901

Resumo. A cadeira de rodas é um dos meios de locomoção mais usuais para pessoas com mobilidade reduzida. Embora a cadeira de rodas permita uma melhor qualidade de vida, os cadeirantes encontram enormes dificuldades de deslocamento, devido aos obstáculos enfrentados diariamente. Cotidianamente os usuários de cadeiras de rodas se deparam com degraus, irregularidades na calçada, transposição de meio-fio e até mesmo o deslocamento pela soleira de portas, que para a maioria das pessoas são obstáculos imperceptíveis. Diante da necessidade de proporcionar ao cadeirante uma maior autonomia, ergonomia e mobilidade foi desenvolvido um kit adaptável a cadeiras de rodas manuais. Trata-se de um acessório eletromecânico, que permite transformar a cadeira de rodas manual em um triciclo elétrico. A estrutura do kit foi desenvolvida com pontos de articulação e mecanismos de regulagem, que permitem o ajuste de posição e o recolhimento do mesmo lateralmente à cadeira, caso o usuário queira movimentar a cadeira manualmente.

Palavras chave: Cadeiras de Rodas, Kit Adaptável, Acessibilidade.

1. INTRODUÇÃO

O Relatório Mundial sobre a Deficiência, publicado pela Organização Mundial de Saúde (2011), afirma que 15% da população possui algum tipo de deficiência. Este número vem crescendo devido a vários fatores como o envelhecimento da população (devido ao aumento da expectativa de vida), a degradação ambiental ou a subnutrição que levam ao aparecimento de doenças crônicas, acidentes de trânsito e trabalho, guerras e deficiências congênitas, contribuem para a escalada do número de pessoas com dificuldades de locomoção. De acordo com o Estatuto da Pessoa com Deficiência (2013), pessoas com deficiência são as que possuem restrições de longo prazo de natureza física, mental, intelectual ou sensorial, as quais, em interação com diversas barreiras, podem ter obstruída sua participação plena e efetiva na sociedade em igualdades de condições com as demais pessoas.

Com o objetivo de permitir maior autonomia a pessoas com deficiência, têm surgido nos últimos anos diversos projetos ligados a sistemas de cadeiras de rodas inteligentes, que proporcionam aos portadores de mobilidade reduzida maior autonomia e independência (Liu, 2008; Oliveto, 2011; Souza, 2011; Cunha, 2016). Nesse contexto, foi proposto o desenvolvimento de um kit adaptável a cadeira de rodas manual para transformá-la em um triciclo elétrico. Trata-se de um acessório eletromecânico, com estrutura física simplificada e tecnologia eletrônica aplicada, que permite transformar a cadeira de rodas manual em um triciclo elétrico. Basicamente, a estrutura mecânica do kit adaptável é constituída por uma estrutura base, feita em elementos de barra e mecanismos de regulagem, e o conjunto motriz composto por uma bateria, motor elétrico, freios, microcontrolador e display LED. A idealização deste kit foi baseada nos limites geométricos e alcances manuais dos cadeirantes explicitados pela norma ABNT NBR 9050 (2004).

O kit foi projetado com o objetivo de aumentar a mobilidade, garantir maior autonomia e permitir uma melhor ergonomia ao cadeirante. O grande diferencial desta estrutura proposta está no fato dela ser constituída com pontos de articulação e mecanismos de regulagem, que permitem o ajuste de posição e o recolhimento do kit lateralmente à cadeira, transformando-a novamente em uma cadeira convencional, sem a necessidade de desacoplar qualquer componente. Outra característica importante é a sua adaptabilidade a diversos modelos de cadeira de rodas manuais, devido aos mecanismos

de regulagem que permitem uma montagem rápida e prática. No entanto, a essência da concepção deste projeto é garantir que o produto final seja viável economicamente a cadeirantes com baixo poder aquisitivo.

2. METODOLOGIA

O kit é composto por duas partes: o conjunto estrutural e o conjunto motriz. O conjunto motriz foi desenvolvido de acordo com os trabalhos de Cunha (2016) e Marra (2016). O conjunto estrutural, por sua vez, sofreu algumas alterações para garantir um melhor desempenho e funcionalidade. A nova estrutura do kit é constituída basicamente por barras e elementos de ligação como juntas de engate rápido, abraçadeiras de conexão, cubos de rotação e suporte de direção. A Figura 1 mostra a montagem do kit na cadeira de rodas manuais.

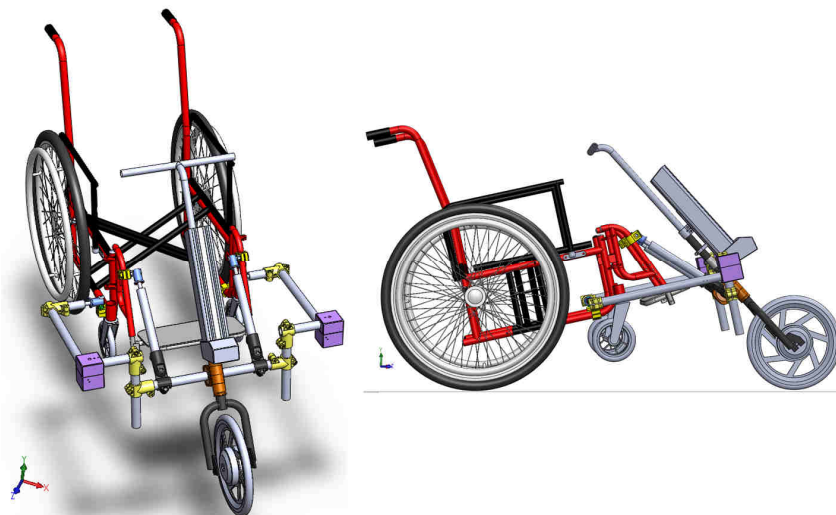
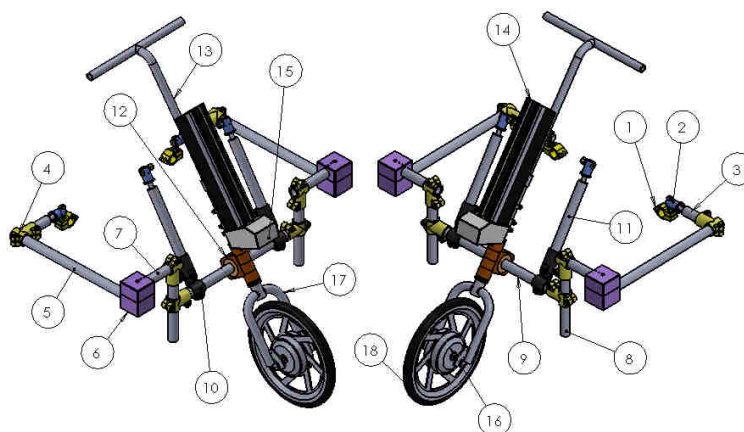


Figura 1. Montagem do kit na cadeira de rodas.

O modelo do kit foi idealizado com o objetivo de aumentar a mobilidade e autonomia do cadeirante. A estrutura foi desenvolvida com pontos de ajuste e de articulação, que permite o recolhimento do kit nas laterais da cadeira, caso o usuário queira movimenta-la manualmente sem a necessidade de desacoplar o kit. A Figura 2 apresenta o detalhamento estrutural e motriz do kit, que é composto por barras e elementos de ajuste e de ligação, visando a adaptação do kit em qualquer cadeira de rodas manual. Os elementos foram enumerados para melhor compreensão. Nos próximos tópicos são apresentados os componentes, bem com a sua funcionalidade e sua localização na estrutura no kit.



ITEM	DENOMINÇÃO	QTD.
1	Presilha	4
2	Soquete	4
3	Barra transversal posterior	2
4	Abraçadeira de conexão em T	6
5	Barra lateral	2
6	Cubo de rotação	2
7	Barra transversal frontal superior	2
8	Barra vertical	2
9	Barra transversal frontal inferior	2
10	Abraçadeira de conexão com junta articulada	2
11	Barra de sustentação	2
12	Suporte de direção	1
13	Guidão	2
14	Bateria	1
15	Módulo de controle	1
16	Motor brushless	1
17	Garfo	1
18	Roda trativa	1

Figura 2. Detalhamento estrutural e motriz do kit.

3. RESULTADOS

Os componentes que compoem o Kit adaptável para cadeira de rodas estão descritos em detalhes a seguir.

3.1. Juntas de engate rápido

As juntas de engate rápido são constituídas pelo conjunto soquete e presilha, conforme mostra a Fig. 3. Estas juntas são responsáveis pelo acoplamento e desacoplamento do kit da cadeira de rodas, de forma rápida e fácil.

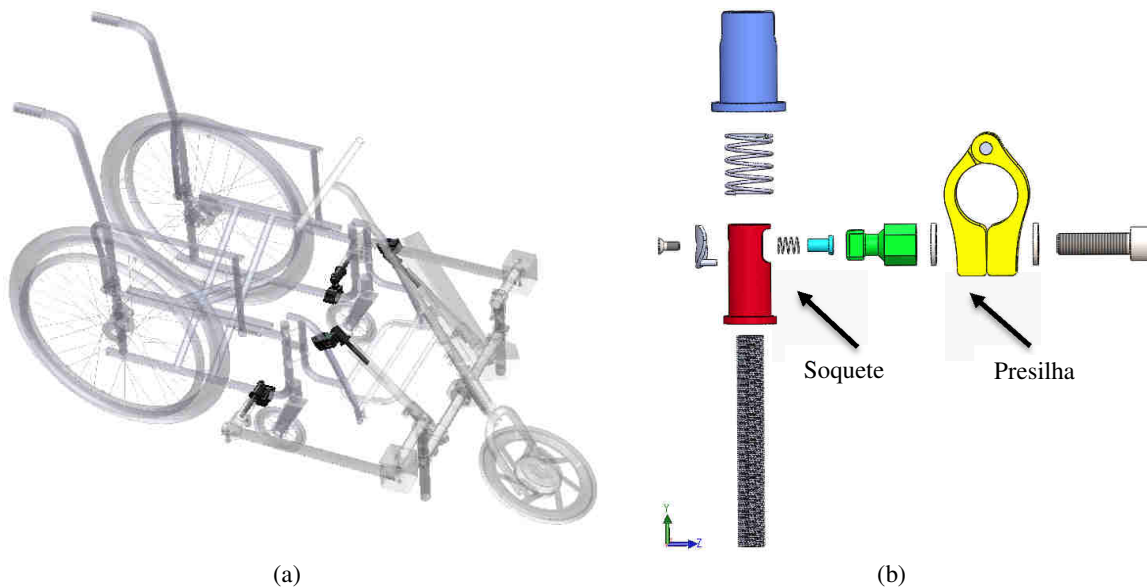


Figura 3. Presilha e soquete utilizados na fixação do kit na cadeira de rodas. (a) Localização das presilhas e soquetes no triciclo elétrico. (b) Junta de engate rápido.

A fixação do kit na cadeira é feita através das presilhas, que é fixada na cadeira de rodas, e dos soquetes. O soquete por sua vez é roscado nas barras transversais posteriores e nas barras de sustentação. Os componentes do soquete foram usinados a partir de barras redondas laminadas de aço SAE 4140. Em contrapartida, as presilhas são componentes comerciais e foram adquiridas para a construção e montagem do triciclo.

3.2. Barras

O kit adaptável possui diversas barras que compõem a estrutural principal do Kit, sendo as barras transversais posteriores (3), barras laterais (5), barras transversais frontais superiores (7), barras verticais (8), barras transversais frontais inferiores (9) e barras de sustentação (11). Os detalhes de montagem e as funções destas barras são descritas a seguir:

- As barras transversais posteriores (3) possuem seção circular maciça e possuem um furo roscado, onde são montados os dois soquetes posteriores em ambos os lados da cadeira. A principal finalidade destas barras é garantir que ao realizar o posicionamento lateral do kit, a roda do kit fique paralela à cadeira e não ocorra o contato com a estrutura da cadeira.
- As barras laterais (5) tem a finalidade de direcionar o kit à frente da cadeira.
- As barras transversais frontais superiores (7) fazem a união com o suporte de direção e com as barras verticais.
- As barras verticais (8) permitem o ajuste da altura do kit para que as rodas frontais da cadeira fiquem suspensas quando o kit for montado. Além disso, quando o kit for posicionado lateralmente à cadeira, estas barras podem ser ajustadas para que a roda do kit não toque o chão. Estas regulagens são realizadas pelas abraçadeiras de conexão em T.
- As barras transversais frontais inferiores (9) são conectadas ao suporte de direção e às barras verticais.

- As barras de sustentação (11) possuem um furo roscado, onde são montados os dois soquetes frontais em ambos os lados da cadeira.

Todas as barras utilizadas na construção do kit foram adquiridas em liga de alumínio 6351T6, pois além de possuir baixo peso específico, apresenta resistência mecânica relativamente elevada e custo relativamente baixo.

3.3. Abraçadeiras de conexão

As abraçadeiras de conexão foram adquiridas para realizar a fixação entre as barras de forma rápida e fácil. Estas abraçadeiras são fabricadas pela empresa alemã Heinrich Kipp Werk KG. A Figura 4 ilustra os dois tipos de abraçadeiras adquiridas para a construção do kit.



(a)



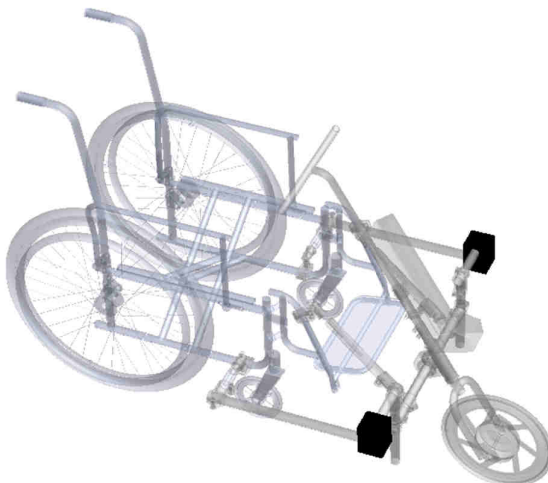
(b)

Figura 4. Abraçadeiras de conexão. (a) Abraçadeira de conexão em T em alumínio fundido. (b) Abraçadeira de conexão com junta articulada em termoplástico.

Estas abraçadeiras permitem, além da fácil montagem e desmontagem, ajustes de dimensões lineares e angulares do kit sem a necessidade de desmontagem do mesmo. De acordo com as especificações do fabricante, estas abraçadeiras são constituídas de parafusos de cabeça cilíndrica e porca sextavada, em aço galvanizado (KIPP, 2017).

3.4. Cubos de rotação

Os cubos de rotação, conforme visto na Fig. 5, possibilitam a rotação da parte frontal do kit, onde está localizado o conjunto motriz, para garantir o posicionamento do mesmo nas laterais da cadeira de rodas.



(a)



(b)

Figura 5. Cubos de rotação situados entre as barras laterais e as barras transversais frontais superiores. (a) Localização dos cubos de rotação no triciclo elétrico. (b) Cubo de rotação.

Estes cubos são divididos em duas partes: superior e inferior. A parte superior é presa às barras transversais frontais superiores e a parte inferior é ligada às barras laterais. A fixação destas barras é realizada por parafusos sem cabeça com

sextavado interno. A união entre as duas partes do cubo é realizada por um pino com rosca na sua extremidade e por uma porca. A rotação do cubo é realizada por meio de um rolamento de esferas de contato angular de uma carreira.

3.5. Suporte da direção

O suporte de direção faz a união entre o guidão e o restante da estrutura do kit. Este componente proporciona o ajuste de inclinação do conjunto guidão e garfo e do conjunto motriz, para melhor ergonomia do usuário. Este conjunto é constituído por dois acoplamentos que propiciam a união entre a sede (componente central e as barras transversais frontais inferiores. A extremidade cilíndrica dos acoplamentos foi usinada com tolerâncias dimensionais de ajuste com interferência, para possibilitar uma montagem fixa com as barras. A fixação entre os acoplamentos e a sede é realizado com dois parafusos de cabeça cilíndrica com sextavado interno. O acoplamento foi usinado a partir de barra redonda laminada de aço SAE 1020 e a sede a partir de chapa de aço laminada de aço ASTM A-36.

4. CONCLUSÕES

Foi desenvolvida uma estrutura com pontos de articulação e mecanismos de regulação, que permitem o ajuste de posição e o recolhimento do kit lateralmente à cadeira, transformando-a novamente em uma cadeira convencional, sem a necessidade de desacoplar qualquer componente. Esta estrutura se mostrou viável do ponto de vista econômico e de funcionalidade.

Para garantir o desempenho e a segurança deste conjunto eletromecânico adaptável à cadeira de rodas é necessário avaliar a sua durabilidade. Para isso, sugere-se realizar uma análise de resistência à fadiga deste kit com base nos requisitos mínimos estabelecidos pela norma ABNT NBR ISO 7176-8 (2009), que estabelece a vida de fadiga mínima para a estrutura de cadeira de rodas. Assim será possível estimar os danos de fadiga e a vida de fadiga dos componentes do kit.

5. REFERÊNCIAS

- ABNT NBR 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. **Associação Brasileira de Normas Técnicas**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2004.
- ABNT NBR ISO 7176-8: Requisitos e Métodos de ensaio para força estática, de impacto e fadiga. **Associação Brasileira de Normas Técnicas**. 1. ed. Rio de Janeiro, 2009.
- CUNHA, Rodrigo Bruck et al. Development of an Adaptive KIT for Wheelchair Turning it into an Electric Tricycle. **Applied Mechanics and Materials**, v. 775, p. 98-102, 2015.
- CUNHA, Rodrigo Bruck et al. Review of Traction Systems Available for a Conventional Wheelchair. **European International Journal of Science and Technology**, v.5, p. 152-161, 2016.
- Estatuto da pessoa com deficiência. [S.l.], 2014. Disponível em: <http://www.pessoacomdeficiencia.gov.br/app/sites/default/files/arquivos/%5Bfield_generico_imagens-filefield-description%5D_93.pdf>. Acesso em: jun. 2017.
- KIPP. Abraçadeiras de conexão em T em alumínio. [S.l.], 2017. Disponível em: <<https://www.kipp.com/pt/pt/Produtos/Dispositivos-de-controle-Elementos-normalizados/Elementos-para-conex%C3%A3o-de-tubos-conectores-de-perfis/Abra%C3%A7adeiras-de-conex%C3%A3o-em-T-em-alum%C3%ADnio.html>>. Acesso em out. 2017.
- LIU, H. et al. Evaluation of titanium ultralight manual wheelchairs using ANSI/RESNA standards. **Journal of Rehabilitation Research & Development**, v. 45, n. 9, p. 1251-1268, 2008.
- MARRA, Gabriel Goulart Mendes. **Desenvolvimento e análise dinâmica de um conjunto para motorização de cadeiras de rodas**. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2016. 97p.
- OLIVETO, Júlio Alves. **Protótipo de sistema automotor para cadeira de rodas**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Campus de Guaratinguetá, Guaratinguetá, 2011. 157p.
- RELATÓRIO MUNDIAL SOBRE DEFICIÊNCIA, [S.l.], 2011. Relatório Mundial sobre deficiência. Disponível em: <www.pessoacomdeficiencia.sp.gov.br/.../RELATORIO_MUNDIAL_COMPLETO.pdf>. Acesso em: jun. 2017.
- SOUZA, Juarez Benicius Braga. **Concepção da estrutura do sistema tecnológico de uma cadeira de rodas inteligente adaptada ao utilizador**. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2011. 99p.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao apoio financeiro da PUC-Minas, da CAPES e da FAPEMIG para a realização deste projeto.

7. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.