

# DESENVOLVIMENTO DE UMA HANDBIKE DE BAIXO CUSTO

## *DEVELOPMENT OF A LOW COST HANDBIKE*

LEAL, Luiz Eduardo Antunes Modesto<sup>1</sup>  
SILVA, Rubens Rodrigues da<sup>2</sup>

**Resumo:** Este trabalho consiste no desenvolvimento de uma *handbike*, veículo de propulsão humana voltado para o lazer de pessoas portadoras de deficiência física nos membros inferiores. O projeto foi focado em manter as condições de estabilidade e segurança em níveis satisfatórios, onde foram analisados fatores referentes à geometria da direção, o dimensionamento geral, a ergonomia do ciclista e a análise estrutural, feita em software que utiliza o método dos elementos finitos, apresentando também uma seleção dos componentes necessários para seu funcionamento. O projeto prioriza a simplicidade na construção e manutenção, propondo mudanças nos conceitos já existentes, resultando em uma redução de custo final, contribuindo para popularização dessa prática esportiva no lazer, e ajudando na inclusão dessa parcela da sociedade.

**Palavras-chave:** *Handbike*, Deficiência, Qualidade de vida, Acessibilidade.

**Abstract:** This work consists of the development of a handbike, a human propulsion vehicle intended for the leisure of handicapped people in the lower limbs. The project was focused on maintaining stability and safety conditions at satisfactory levels, where factors related to steering geometry, overall sizing, rider ergonomics and structural analysis were analyzed using software using the element method and also a selection of the components necessary for its operation. The project prioritizes simplicity in construction and maintenance, proposing changes in existing concepts, resulting in a reduction of final cost, contributing to the popularization of this sport practice in leisure, and helping in the inclusion of this portion of society.

**Keywords:** Handbike, Disability, Quality of Life, Accessibility.

---

<sup>1</sup> Engenheiro Mecânico - Universidade Santa Úrsula - eduardoautocad@hotmail.com

<sup>2</sup> Mestre em Engenharia de Produção – UFF / Prof. Universidade Santa Úrsula - rubensrodrigues1@yahoo.com.br

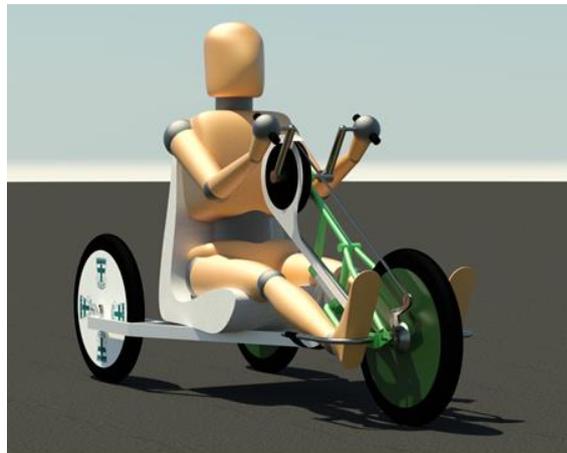
## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente, no Brasil, pelo menos 6,2% da população tem algum tipo de deficiência (VILLELA, 2015), sendo divididos em grupos com os quatro principais tipos de deficiência: auditiva, visual, física e intelectual. Como este projeto é voltado para pessoas com deficiências físicas, o enfoque será maior nas informações voltadas a esse grupo.

Os deficientes físicos representam 1,3% de nossa população, aproximadamente 2,6 milhões de brasileiros, e deste grupo 46,8% tem grau intenso ou muito intenso de limitações. Esses números reforçam a ideia de que é de grande relevância atender para as necessidades e anseios dessa parte da população, proporcionando possibilidade de uma vida digna a todos.

Possivelmente seja considerada como uma atitude supérflua pensar no lazer de um cidadão que ainda não tem total acesso aos bens mais básicos como transporte e mobilidade, tratamento médico especializado, emprego. Porém o lazer pode ser uma forte ferramenta na inserção do deficiente físico na sociedade, além de trazer benefícios para a saúde física e mental, tornando assim esse projeto mais importante do que uma simples bicicleta (Figura 1).

Figura 1 - *Handbike*



Fonte: Próprio autor.

Portanto, o objetivo desse trabalho foi projetar e desenvolver um quadro de *handbike*, espécie de triciclo voltado para o lazer de pessoas com deficiências físicas. Trata-se de um veículo de baixo custo, com simplicidade de manufatura e manutenção, sendo seguro e confortável, equipado com componentes oriundos de bicicletas convencionais, gerando uma *handbike* simples e funcional, contribuindo para a melhora na qualidade de vida e inclusão na sociedade dessa parte da população. Este projeto também pode ser uma opção de base para possíveis estudos futuros.

## 2 LAZER ADAPTADO

Ainda que esta não seja uma prioridade nas políticas públicas em nosso país, atividades de lazer adaptadas às pessoas portadoras de deficiências estão se tornando cada vez mais presentes. Existem hoje no Brasil projetos que desenvolvem atividades de lazer voltadas para deficientes físicos, ainda que raros, normalmente se localizam em parques públicos e praias, ocorrem normalmente no verão e períodos de férias escolares.

O projeto “Praia para Todos” (Figura 2) é uma dessas iniciativas, e está distribuído em diversas praias pelo do país, tornando possível o acesso de pessoas que normalmente não tem a possibilidade de adentrar a faixa de areia. Normalmente esses projetos são apoiados por parcerias entre governo e iniciativa privada (MARTINS, 2016).

Figura 2 - Banho de mar em cadeira de rodas anfíbia



Fonte: MARTINS, 2016

### 2.1 Ciclismo Adaptado

O ciclismo paralímpico (Figura 3) abrange atletas de diversos tipos de deficiências, tendo categorias distintas para atletas com deficiência visual, deficiência físico-motora e paralisia cerebral, todas elas divididas em classes conforme o grau de limitação imposto ao atleta. As bicicletas utilizadas também sofrem alteração de estilo conforme a classe do atleta, sendo divididas em quatro tipos, convencionais, triciclos, *tandem* e *handbikes* (UCI, 2016).

Figura 3 - Tipos de ciclismo adaptado.



Fonte: UCI (2016)

## 2.2 Handbike de Lazer

As *handbikes* (Figura 4) voltadas ao lazer são alvo desse estudo, normalmente não apresentam emprego de materiais e componentes de alto custo, sua principal função é ser segura e proporcionar diversão ao ciclista, sendo fabricadas por pequenas metalúrgicas ou feitas artesanalmente.

Figura 4 - *Handbike* industrializada voltada para o lazer



Fonte: JAPAN (2016)

Pelo fato de não haver uma produção em série desse veículo, seu preço é alto se comparado a uma bicicleta convencional, sendo o grande impedimento para sua aquisição. Hoje, no Brasil, somente um fabricante disponibiliza esse produto para a venda, esses produtos são vendidos por

encomenda, seu preço está em torno de três vezes o preço de uma bicicleta convencional que utilize o mesmo nível de componentes.

Desmotivados pelos altos preços e pela pouca oferta, muitos portadores de deficiência física decidem construir suas próprias *handbikes*, utilizando os métodos os quais tem acesso, sendo eles nem sempre satisfatórios para tal projeto, podendo resultar em um veículo perigoso ou pelo menos não tão agradável de ser utilizado quanto à ideia inicial.

### 3 METODOLOGIA DO PROJETO

Nesse capítulo serão definidas as principais questões relacionadas ao projeto do quadro (chassis) e garfo de uma *handbike*, bem como suas soluções encontradas.

#### 3.1 Custo baixo

O principal desafio desse projeto é manter o custo baixo sem comprometimento da segurança, funcionalidade e conforto. Para que esse objetivo seja atingido foram observados três pontos onde é possível haver redução de custo: Facilidade de fabricação e manutenção, material e os componentes utilizados, sendo esse último o item onde existe a maior possibilidade de minimizar gastos financeiros.

#### 3.2 Facilidade de Fabricação e Manutenção

Para facilitar o processo de construção do quadro, sempre que possível foram utilizados perfis retangulares ou quadrados, uma vez que esses são fáceis de serem cortados e gabaritados para as juntas soldadas, diferente dos tubos com seções circulares, normalmente empregados na fabricação de bicicletas e cadeiras de rodas, que precisam de ferramentas especiais para preparação das extremidades onde serão feitos os encaixes e a posterior solda. A economia de tempo no processo de corte e montagem do quadro ajudará a reduzir o custo final do projeto.

#### 3.3 Material do Quadro

Os quadros de bicicletas convencionais e estruturas de cadeiras de rodas foram construídos com os mesmos materiais, foram eles: o aço, o alumínio, o titânio e a fibra de carbono, podendo também serem empregados outros materiais (SILVA, 2014).

### 3.3.1 Definição do Material

Avaliando os materiais, suas resistências ao escoamento, limite de ruptura, soldabilidade, usinabilidade, massa específica e custo, foi escolhido o aço SAE 1020, que é um dos materiais mais utilizados na indústria, simplificando o processo. Esse material, após processado foi tratado e pintado.

O aço SAE 1020 está em conformidade com a norma *Society of Automotive Engineers*, importante instituição que atua, entre outras frentes, na padronização e desenvolvimento de normas técnicas. As informações referentes ao aço SAE 1020 estão na Tabela 1.

Tabela 1 – Propriedades dos materiais

Nome	Aço SAE 1020	
Geral	Densidade de massa	7,87 g/cm <sup>3</sup>
	Resistência ao escoamento	210 MPa
	Resistência máxima à tração	380 MPa
Tensão	Módulo de Young	186 GPa
	Coeficiente de Poisson	0,29 s <sub>m</sub>
	Módulo cortante	72,093 GPa

Fonte: Próprio autor

### 3.3.2 Dimensões dos Perfis

Para baixar os custos de produção foi definido que somente um perfil seria usado no projeto, e que todo o quadro principal seria construído com apenas uma vara de 6m, dimensão mínima comercializada no varejo. Nesse projeto, o quadro e o garfo utilizaram pouco mais de 4,5 metros de perfil metálico.

A Tabela 2 apresenta as características do projeto: perfil retangular 40 x 20 mm, espessura 1,2 mm, de aço SAE 1020, com costura seguindo a norma NBR 6591 (ABNT, 2008) referente a perfis de aço-carbono, formado a quente, com solda, de seção circular, quadrada ou retangular para usos industriais.

Tabela 2 - Dados do perfil escolhido

Dimensão	Espessura	Peso	Área de Seção	Momento de Inércia
40,0mm x 20,0mm	1,2 mm	1,085 kg/m	1,38 cm <sup>2</sup>	2,87 cm <sup>4</sup>

Fonte: Próprio autor

### 3.4 Processo de Soldagem

O processo de soldagem foi definido conforme o material escolhido. Por motivo de redução de custos ficou definido usar o processo de eletrodo revestido, SMAW, segundo a norma específica para esse processo da *American Welding Society*.

### 3.5 Componentes Necessários

Toda ideia de inovação contida neste projeto teve o objetivo de simplificar o conceito já empregado no mercado atual. Observando os modelos existentes nota-se a larga utilização de componentes oriundos de bicicletas convencionais, o que é um agente facilitador do projeto, tendo grande oferta de componentes com diversidade de preços e tipos, o que reduz o preço do projeto. Existem também alguns componentes normalmente empregados que são oriundos de cadeiras de rodas, esses merecem atenção especial nesse projeto, pelo fato de não seguirem um padrão entre fabricantes, terem preços altos e não serem facilmente encontrados no mercado, dessa forma sendo evitados sempre que possível.

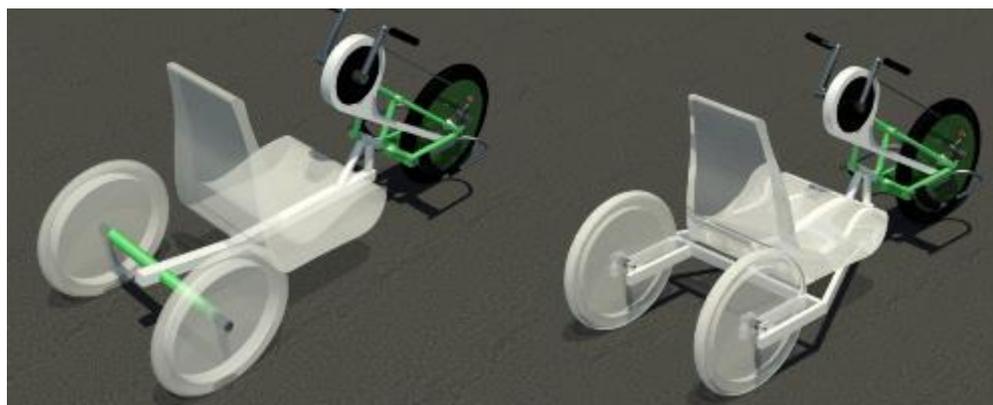
### 3.6 A Parte Traseira

A traseira de uma *handbike* convencional tem uma estrutura de eixo transversal, esse eixo é soldado ao quadro normalmente em um ponto central ou dois pontos laterais e em suas extremidades são instalados os cubos das rodas.

Esses cubos por serem fixados por apenas um lado precisam ter seu eixo dimensionado para tal esforço, sendo aliada à preocupação com cisalhamento, a preocupação com a flexão que essa condição de utilização aplica ao componente.

Analisando esses fatores foram considerados como indesejados ao projeto os cubos específicos para *handbike* pelo seu alto custo, e os cubos de cadeiras de rodas por não garantirem segurança estrutural à nova aplicação. Com base nesse argumento, foram escolhidos cubos convencionais de bicicleta, com eixos de 3/8" de diâmetro (Figura 5).

Figura 5 - Detalhe de quadro convencional e com nova concepção.



Fonte: Próprio autor

## 4 ERGONOMIA E DIMENSIONAMENTO

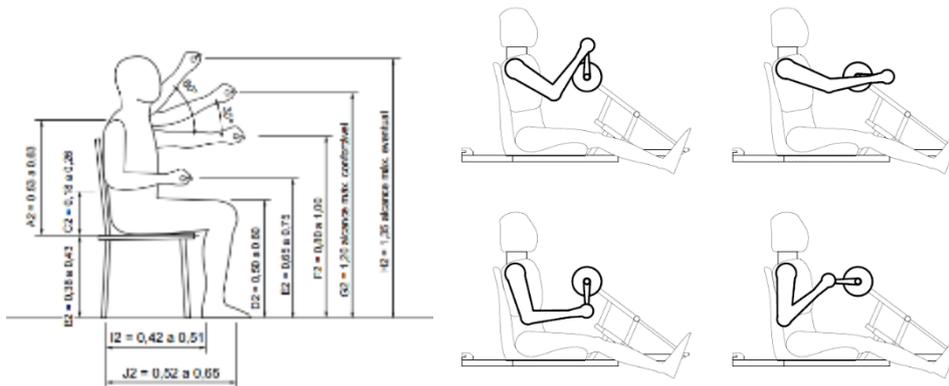
Para esta etapa foram observados projetos já existentes, normas técnicas e opiniões de pessoas portadoras de limitações de movimentos em membros inferiores.

### 4.1 Definição da Largura Máxima e Movimento dos Braços do Ciclista

A norma NBR 9050 (ABNT, 2013) foi fundamental para nortear partes importantes do dimensionamento do projeto, nela é definido que o vão de abertura das portas deve apresentar 800 mm no mínimo de largura, facilitando a passagem de uma cadeira de rodas. Partindo desses dados, foi estipulada uma largura máxima de 700 mm para o veículo, resultando em maior mobilidade nos ambientes já adaptados e transpor portas menores em ambientes não adaptados.

Também fundamentada na norma NBR 9050 (ABNT, 2013) foram estudadas as distâncias horizontal e vertical entre o centro da manivela e o ombro do ciclista, definindo as angulações máximas dos movimentos dos braços, bem como sua máxima extensão e flexão. A importância desses ângulos máximos no movimento dos braços é para que a atividade não se torne desconfortável, não cause lesões oriundas de sua repetição e que não comprometa a força do ciclista, tornando a atividade o mais leve possível (Figura 6).

Figura 6 - Alcance manual frontal, Pessoa sentada e estudo do movimento.



FONTE: ABNT NBR 9050: 2015

#### 4.2 Posicionamento do Encosto do Assento e da Manivela

Baseando em FAUPIN (2011), estudo da área de biomecânica, foram definidos o posicionamento do assento e sua angulação em relação à base. Com essa definição, somada ao que já foi observado anteriormente, foi também estipulada a posição do eixo da manivela, conforme a Figura 7.

Figura 7 - Posicionamentos estudados.



Fonte: Adaptado de FAUPIN (2011)

Por adequação ao projeto voltado para o lazer, ficou definido usar o encosto do assento com uma inclinação próxima de 85° em relação ao solo, por ser uma posição mais confortável que a posição com assento a 45° de inclinação em relação ao solo, além de proporcionar maior facilidade para embarque e desembarque, e apresentar uma melhora na condição de visibilidade do ciclista, tanto ativa quanto passiva.

#### 4.3 Geometria da Direção e Dimensionamento Geral de Quadro e Garfo

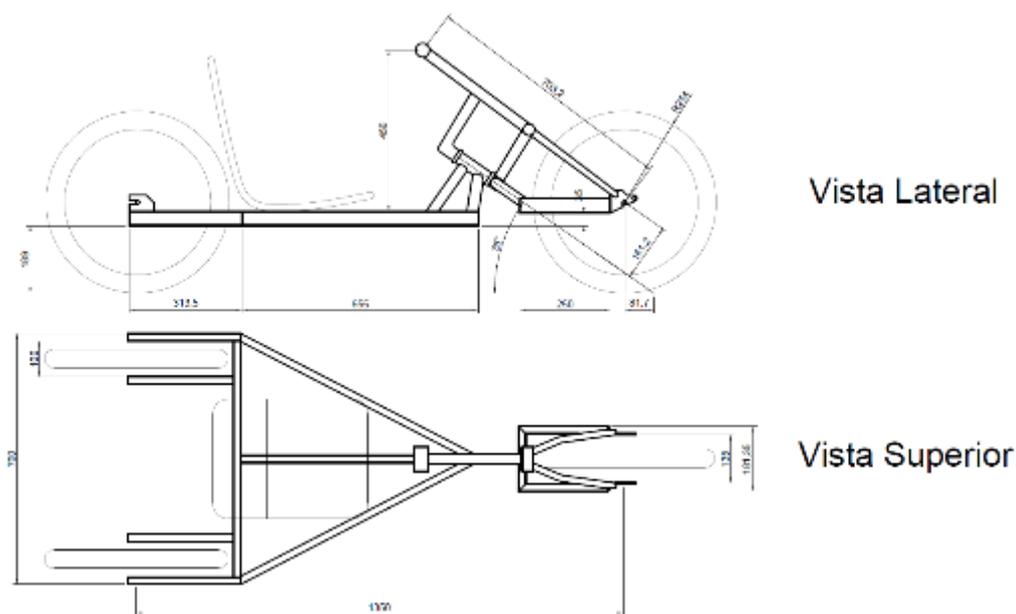
A geometria da direção de um veículo é responsável por manter a estabilidade do mesmo quando em marcha, seja em linha reta ou em curva. Em um triciclo, situação presente no projeto de uma *handbike*, o sistema de direção se assemelha ao presente em bicicletas e motocicletas, sendo composto de apenas uma roda, localizada na parte dianteira do veículo e unida ao quadro por um garfo, sendo este responsável por suportar as cargas provenientes da utilização do veículo, e por

alterar a posição da roda, tornando capaz fazer curvas. (PATEREK, 2004).

Foi considerado no projeto que é importante priorizar a estabilidade do veículo, assim foi adotado uma geometria de direção conservadora, diminuindo um pouco o conforto, porém gerando maior segurança quando em velocidades maiores. Em uma *handbike* a grande diferença na posição do ciclista torna necessário um novo estudo da geometria de direção. Com objetivo de manter a geometria dentro do parâmetro descrito acima, foram necessárias grandes alterações no ângulo da caixa de direção, ou cãster. Baseado nessa constatação foi desenvolvido a geometria da parte dianteira da *handbike*.

Após definir a ergonomia ideal para o projeto, bem como a localização os componentes básicos, e a limitação de largura máxima, foi definido o dimensionamento geral do quadro e garfo, bem como a localização dos principais componentes.

Figura 8 - Vistas detalhadas do quadro



Fonte: Próprio autor

## 5 ESTUDO DE CASO

### 5.1 Análise estrutural

Segundo PETERSON (1986), a força vertical aplicada em um quadro de bicicleta é representada pela massa do ciclista multiplicada por três vezes a aceleração da gravidade. Dessa forma foi definido como a força vertical aplicada ao modelo 2,943 kN.

Para essa análise de tensão por elementos finitos foi utilizado o *software Autodesk® Inventor® Professional 2016*, onde foram inseridas as informações necessárias para o software executar a análise de tensão:

- Material - Aço SAE 1020 (Tabela 1)
- Cargas (2943 N, apoiado no trilho de fixação do assento)
- Restrições (apoios simulando o eixo das rodas traseiras e dianteira)

#### 5.1.1 Simulação com Carga Vertical

A simulação com carga vertical apoiada sobre os trilhos de suporte do assento revelou o ponto de maior tensão do conjunto quadro e garfo, localizado no tubo transversal. O valor encontrado foi de 204,5 MPa, estando dentro da margem de segurança, que se tem como referência o limite de escoamento do material, que no caso do aço SAE 1020 é de 210 MPa.

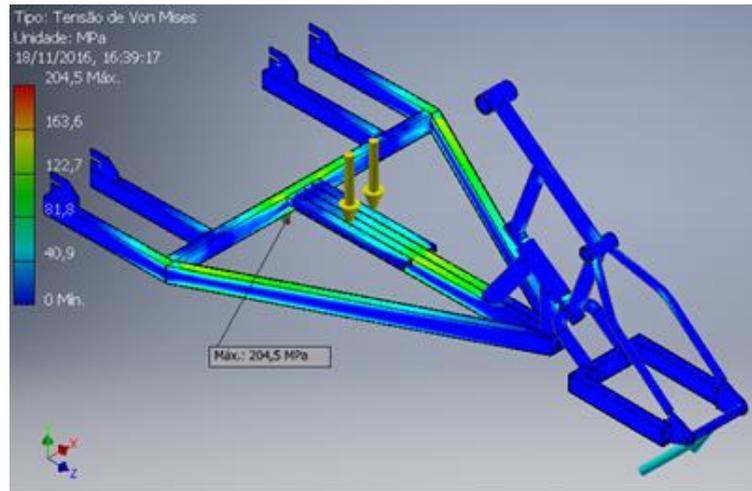
A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos para o dimensionamento da *handbike*. A Figura 9 apresenta uma ilustração da simulação com carga de 2,943 kN.

Tabela 1 - Resultados

Nome	Mínima	Máxima
Volume	1274370 mm <sup>3</sup>	
Massa	9,952 kg	
Tensão de Von Mises	0,0346496 MPa	204,534 MPa
Primeira tensão principal	-53,3942 MPa	231,722 MPa
Terceira tensão principal	-202,569 MPa	59,3615 MPa
Deslocamento	0,0742314 mm	7,94081 mm
Fator de segurança	1,02672 s_m	15 s_m

Fonte: Próprio autor

Figura 9 - Simulação com carga de 2943 N



Fonte: Próprio autor

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O modelo proposto atendeu aos requisitos de segurança, sendo capaz de suportar a carga máxima prevista no projeto, gerando margem de segurança satisfatória mesmo quando submetido aos maiores esforços resultantes de sua utilização.

### 6.1.1 Protótipo

A construção de um protótipo (Figura 9) foi necessário para comprovar questões analisadas de forma teórica e numérica, onde aspectos da segurança, dirigibilidade e adaptação a diversos tipos de limitações motoras foram observados.

Figura 9 - Processo de soldagem do Chassis



Fonte: Próprio autor

Testes práticos foram executados no protótipo (Figura 10), ao qual se obteve resultado positivo, sendo surpreendentemente fácil de ser pilotado, exigindo menos força do condutor do que se previa na teoria, sendo capaz inclusive de subir trechos com inclinações moderadas.

Figura 10 - Protótipo em fase de testes dinâmicos



Fonte: Próprio autor

Foram encontradas necessidades que não estavam previstas no projeto inicial, como um freio de estacionamento e uma trava para a direção, itens necessários para o embarque e desembarque de um cadeirante.

Por se tratar de um veículo voltado para o lazer, o projeto proposto atingiu o objetivo de ser prazeroso ao ser conduzido, passando conforto, estabilidade e velocidades compatíveis com as de uma bicicleta convencional.

## 7 CONCLUSÃO

Ao longo do processo de pesquisa voltada para esse projeto, constatou-se que foram poucos os estudos voltados para a área do lazer adaptado a pessoas com necessidades especiais, tornando o processo ainda mais desafiador.

Esse projeto teve como proposta o desenvolvimento de uma *handbike* de baixo custo, por não existirem normas voltadas para esse tipo de veículo foi necessário consultar as normas técnicas voltadas para a produção de bicicletas convencionais e cadeiras de rodas, tornando o veículo seguro. O desenvolvimento desse projeto resultou em um protótipo de fabricação simples, dimensionado para o lazer de um adulto, contendo todos os componentes necessários para sua circulação.

Nesse estudo criou-se parâmetros para que novos estudos aprimorem o desenvolvimento de ferramentas de inclusão de pessoas portadoras de necessidades especiais na sociedade, pelo esporte e lazer.

## REFERÊNCIAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. *ABNT NBR 14714:2013: Veículo de duas rodas — Bicicleta — Quadro e garfo rígido — Requisitos de segurança*. Disponível em: <<http://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=304413>>. Acesso em: 20/11/2016
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. *ABNT NBR 6591:2008: Veículo Tubos de aço-carbono com solda longitudinal de seção circular, quadrada, retangular e especial para fins industriais - Especificação*. Disponível em: <<http://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=874>>. Acesso em: 20/11/2016.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. *ABNT NBR 9050:2015: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos*. Disponível em: <<https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=344730>>. Acesso em: 20/11/2016
- FAUPIN ,A; GORCE, P; MEYER, C. (2011). Effects of type and mode of propulsion on hand-cycling biomechanics in nondisabled subjects. *Journal of Rehabilitation Research & Development*. V.48, N.9. P.1049–1060. (2011)
- JAPAN. *Handbike Japan*. Disponível em: < <http://handbike.jp/pg147.html>>. Acesso em: 20/11/2016.
- MARTINS, Laura. *Praia para todos no Rio de Janeiro*. cadeiravoadora.com.br. 10/04/2016. Disponível em: <<http://cadeiravoadora.com.br/praiapara-todos-no-rio-de-janeiro/>>. Acesso 20/11/2016.
- PATEREK, T. *The Paterek manual for bicycle framebuilders*. 3 ed. Redondo Beach, Califórnia. Henry James Bicycles, Inc. 2004.
- PETERSON, Leisha A.; LONDRY, Kelly J.. Finite-Element Structural Analysis: A New Tool for Bicycle Frame Design. *Bike Tech Magazine*.V.5, N.2. 1986.
- SILVA, Ferreira, COSTA, Abreu. “Análise Estrutural do Quadro de uma Bicicleta”. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, Portugal. 2014.
- UCI. *Para Cycling*. Disponível em: <<http://www.uci.ch/para-cycling/>>. Acesso em: 20/11/2016.
- VILLELA, Flávia. *IBGE: 6,2% da população têm algum tipo de deficiência*. EBC. 21/08/2015. Disponível em: < <http://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2015-08/ibge-62-da-populacao-tem-algum-tipo-de-deficiencia>>. Acesso em: 20/11/2016.