



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO  
CAMPUS CARAÚBAS  
ENGENHARIA MECÂNICA

ANTONIA TAYLA SILVA

**ANÁLISE E OTIMIZAÇÃO DO PROJETO DA CADEIRA  
DE RODAS PARA DEFICIENTES FÍSICOS**

CARAÚBAS - RN

2016

ANTONIA TAYLA SILVA

**ANÁLISE E OTIMIZAÇÃO DO PROJETO DA CADEIRA DE RODAS PARA  
DEFICIENTES FÍSICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Universidade Federal Rural do Semi-Árido –  
UFERSA, Campus Caraúbas para a obtenção  
do título de Bacharela em Engenharia  
Mecânica.

Orientador: Prof. Me. Diego David Silva Diniz  
– UFERSA

CARAÚBAS- RN

2016

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

S587 Silva, Antonia Tayla.

/ Antonia Tayla Silva. - 2016.

45 f. : il.

Orientador: Prof. Me. Diego David Silva Diniz

.  
Monografia (graduação) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Mecânica, 2016.

1. Deficientes físicos. 2. Qualidade de vida.  
3. Metodologia de projeto. 4. Autodesk Inventor.

I. Diniz , Prof. Me. Diego David Silva , orient.

II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

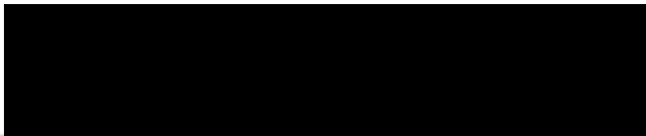
ANTONIA TAYLA SILVA

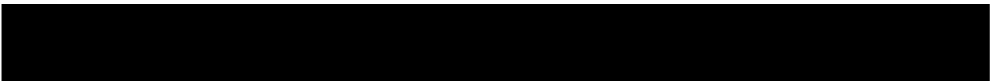
Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, Campus Caraúbas para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

APROVADO EM: 10/11/16.

BANCA EXAMINADORA

  
Prof. Me. Diego David Silva Diniz - UFERSA  
Presidente

  
Prof. Me. Diego Paes de Andrade Pena - UFERSA  
Primeiro Membro

  
Prof. Dr. Dorgival Albertino da Silva Júnior - UFERSA  
Segundo Membro

## AGRADECIMENTOS

Que possamos agradecer sempre a Deus, independente do momento, pela fé, proteção, força e tudo de bom que ele nos proporciona, por mostrar que vida é mais além, que podemos alcançar nossos sonhos. Que minha fé se renove a cada dia.

A minha mãe Damiana, que não é só minha mãe, mas pai também, por todo seu amor, sua dedicação, por deixar seus sonhos de lado para realizar os meus, por toda força dada, mesmo quando as suas pareciam ter se esgotado, por seu amor infinito para com os filhos. Não tenho palavras para descrever o quanto sou feliz por tê-la como mãe e por todo orgulho que sinto por ti, meu amor por você é o maior do mundo.

Ao meu irmão Elvis, por todo amor, por todos os conselhos, por toda preocupação, e por toda ajuda quando necessário, te amo muito.

A minha sobrinha Thábita e afilhada Maria Eshter, que me ganham pelos olhares com amor e sorrisos mais sinceros que alguém pode receber.

Às minhas amigas irmãs Amandinha Lima que mesmo distante se faz tão presente, e Alice Andrade, a ambas agradeço pelos conselhos, risos e momentos de alegria. Amo vocês.

A toda minha família, por acreditar sempre em mim e me apoiar no que for necessário.

Às minhas famílias de coração, a quem tenho muito amor e admiração.

Aos meus amigos, irmãos, melhores presentes que a universidade poderia me proporcionar, Keuri Fernandes e Hugo Alexandre, que fazamos sempre parte das vidas uns dos outros.

Ao meu orientador, professor Me. Diego David Silva Diniz, por sua e confiança, paciência e contribuição na minha vida acadêmica.

A todos os meus amigos e amigas, Kerolaynny Brenda, Giovaninny Duarte, Thiago Costa, Diego Medeiros, Suiane Marques, por todos os momentos de alegria e de raiva, e por mostrar que amigos também são família e estão sempre prontos para ajudar uns aos outros.

A todos os professores que tive até aqui, pois foram extremamente essenciais na minha formação acadêmica.

*Foi o tempo que dedicaste à tua rosa que  
a fez tão importante...*  
(O Pequeno Príncipe - Antoine de Saint-Exupéry )

## RESUMO

Há um crescente aumento em novas tecnologias, com isso surge a necessidade de melhorias em mecanismos já existente no mercado, principalmente no que diz respeito a qualidade de vida. Um exemplo importante desses mecanismos são as cadeiras de rodas, que é o principal meio de locomoção usados por portadores de necessidades físicas, as mesmas podem ser classificadas em manuais e eletrônicas. As cadeiras motorizadas possibilitam uma maior autonomia para o deficiente físico, porém, possuem um alto custo, o que impossibilita a sua compra para cadeirantes de baixo poder aquisitivo. Pensando em melhorar a qualidade de vida dos deficientes físicos e proporcionar autonomia em algumas atividades rotineiras dos cadeirantes, o presente tcc tem como objetivo desenvolver um projeto conceitual de uma cadeira de rodas que favoreça o deslocamento do deficiente físico da cadeira para a cama, reduzindo o esforço físico necessário para realizar essa atividade. O espaço ocupado pela cadeira de rodas quando é necessário transporta-la é outro problema enfrentado pelos cadeirantes, principalmente para aqueles que não possuem veículo particular, assim, será outro ponto desenvolvido no trabalho em questão, que é a minimização desse espaço, favorecendo o deslocamento do cadeirante, principalmente em transportes públicos. Os objetivos citados são desenvolvidos através da aplicação da metodologia de projetos, das teorias e estudos da engenharia mecânica, e modelagem e montagem de componentes utilizando o *software Autodesk Inventor*. O desenvolvimento do projeto permitiu conceituar alguns módulos mecânicos para acoplamento em cadeiras, sendo eficientes e de fácil utilização.

**Palavras – Chave:** Deficientes físicos. Qualidade de vida. Metodologia de projeto. *Autodesk Inventor*.

## ABSTRACT

There is a growing number of new technologies, it arises the need for improvements in existing mechanisms on the market, particularly as regards quality of life. An important example of these mechanisms are the wheelchairs, which is the main mode of transportation used by people with physical needs, they can be classified into manual and electronic. Motorized chairs allow greater autonomy for the handicapped, however, it has a high cost, which precludes their use for low purchasing power wheelchair users. Thinking about improving the quality of life of disabled people and provide autonomy in some routine activities of wheelchair users, this present TCC aims to develop a conceptual design of a wheelchair that will favor the movement of the handicapped to bed, reducing physical effort required to perform this activity. The space occupied by the wheelchair when it is necessary to carry it is another problem faced by wheelchair users, especially for those who do not have their own transportation, so it will be another point developed in this work, which is to minimize this space, promoting the displacement of the user, especially in public transport. The objectives cited are developed through the application of design methodology, theories and studies of mechanical engineering and modeling and assembly components using *Autodesk Inventor software*. The development of the project allowed conceptualize some mechanical modules for attachment in wheelchairs, being efficient and easy to use.

**Keywords:** Disabled people. Quality of life. Design methodology. *Autodesk Inventor*.

## SUMÁRIO

|                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. INTRODUÇÃO.....                                                            | 12 |
| 1.2 – Objetivo geral .....                                                    | 13 |
| 1.3 – Objetivo específico .....                                               | 13 |
| 1.4 – Justificativa.....                                                      | 13 |
| 1.5 – Escopo do trabalho .....                                                | 14 |
| 2. REFERENCIAL TEÓRICO.....                                                   | 15 |
| 2.1 – Deficientes .....                                                       | 15 |
| 2.1.2 – Cadeira de rodas .....                                                | 15 |
| 2.1.2.1 – Tipos de cadeiras de rodas.....                                     | 17 |
| 2.1.2.2 – Componentes básicos de uma cadeira de rodas.....                    | 19 |
| 2.2 – Projeto.....                                                            | 20 |
| 2.2.1 – Etapas de projeto .....                                               | 20 |
| 2.3 – Autodesk Inventor .....                                                 | 23 |
| 3. METODOLOGIA.....                                                           | 24 |
| 3.1 Problemática do trabalho .....                                            | 24 |
| 3.2 – Metodologia de projeto.....                                             | 26 |
| 3.2.1 – Metodologia no software Inventor .....                                | 26 |
| 4. RESULTADOS .....                                                           | 28 |
| 4.1 – Projeto informacional da análise e otimização da cadeira de rodas ..... | 28 |
| 4.2 – Projeto conceitual da análise e otimização da cadeira de rodas .....    | 30 |
| 4.3 – Projeto preliminar da análise e otimização da cadeira de rodas .....    | 31 |
| 4.3.1 – Desenho no <i>Autodesk Inventor</i> .....                             | 31 |
| 4.4 – Projeto detalhado da análise e otimização da cadeira de rodas .....     | 33 |
| 5. CONCLUSÃO.....                                                             | 40 |
| 6. REFERÊNCIAS .....                                                          | 41 |
| 7. APÊNDICE .....                                                             | 45 |

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1:</b> Distribuição por tipo de deficiência.....                                                                          | 15 |
| <b>Figura 2:</b> Cadeira desenvolvida para o rei Felipe II. ....                                                                    | 16 |
| <b>Figura 3:</b> Cadeira de rodas modernas. ....                                                                                    | 16 |
| <b>Figura 4:</b> Subcategorias das cadeiras de rodas, a) convencional, b) clássica, c) para banho, d) infantil, e) desportiva. .... | 17 |
| <b>Figura 5:</b> Cadeiras motorizadas. ....                                                                                         | 18 |
| <b>Figura 6:</b> Ilustração dos componentes básicos de uma cadeira de rodas. ....                                                   | 19 |
| <b>Figura 7:</b> Etapas do projeto. ....                                                                                            | 21 |
| <b>Figura 8:</b> Exemplo de uma matriz de decisão. ....                                                                             | 22 |
| <b>Figura 9:</b> Área de desenvolvimento de projeto do Autodesk Inventor. ....                                                      | 24 |
| <b>Figura 10:</b> Problema cotidiano enfrentado por portadores de deficiência física. ....                                          | 25 |
| <b>Figura 11:</b> Peças usadas na montagem. a) NSK 685ZZ, b) NSK NH25AL. ....                                                       | 27 |
| <b>Figura 12:</b> Croquis, a) Projeto 1, b) Projeto 2, c) Projeto 3. ....                                                           | 30 |
| <b>Figura 13:</b> Peça de fim de curso. ....                                                                                        | 31 |
| <b>Figura 14:</b> Chapa para acoplar o assento.....                                                                                 | 32 |
| <b>Figura 15:</b> Peça que permite o rebatimento do encosto. ....                                                                   | 32 |
| <b>Figura 16:</b> Peça fim de curso cotada. ....                                                                                    | 33 |
| <b>Figura 17:</b> Peça guia linear cotada. ....                                                                                     | 33 |
| <b>Figura 18:</b> Sistema de rebatimento do encosto.....                                                                            | 34 |
| <b>Figura 19:</b> Chapa cotada.....                                                                                                 | 34 |
| <b>Figura 20:</b> Chapa 1, análise de tensão 1. ....                                                                                | 35 |
| <b>Figura 21:</b> Chapa 2, análise de tensão 2. ....                                                                                | 36 |
| <b>Figura 22:</b> Chapa 3, a) análise de tensão 3. ....                                                                             | 36 |
| <b>Figura 23:</b> Finalização do projeto, a) Vista frontal, b) Vista isométrica, c) Vista lateral. ....                             | 37 |
| <b>Figura 24:</b> Finalização do projeto, a) Vista isométrica do mecanismo acionado, b) Vista lateral do mecanismo acionado.....    | 38 |

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabela 1:</b> Restrições estimadas para as cadeiras de rodas. ....          | 26 |
| <b>Tabela 2:</b> Cargas suportadas pelo rolamento e guia linear. ....          | 27 |
| <b>Tabela 3:</b> Diagrama de Mudge. ....                                       | 28 |
| <b>Tabela 4:</b> Casa da qualidade .....                                       | 29 |
| <b>Tabela 5:</b> Matriz de escolha.....                                        | 31 |
| <b>Tabela 6:</b> Espessuras e materiais para as chapas. ....                   | 35 |
| <b>Tabela 7:</b> Estimativa de preço das peças prontas usadas no projeto. .... | 39 |

## 1. INTRODUÇÃO

Um dos mais interessantes desafios nos dias de hoje para a sociedade é a inclusão social, no qual há uma busca incessante de modelos de acessibilidade com foco nos deficientes físicos, maximizando a integração social e minimizando problemas encontradas no seu cotidiano.

Segundo o Art. 4º do Decreto nº 3298 de 1999 da legislação brasileira, a deficiência física tem por definição a alteração completa ou parcial de um ou mais segmentos do corpo humano, acarretando o comprometimento da função física.

De acordo com o senso de 2010, o comprometimento da locomoção é a segunda maior deficiência física existente no Brasil, dificultando também atividades rotineiras, como por exemplo, escovar os dentes, lavar as mãos, as pias, que dificilmente são adaptadas para portadores de deficiência físicas, principalmente em locais públicos. Outros exemplos são, ambientes que possuem degraus, e até mesmo na hora de dormir as dificuldades se fazem presentes, pois as camas também não são adaptadas para deficientes.

A engenharia mecânica em conjunto com a ciência médica, veem buscando intensamente formas para o beneficiamento do ser humano, de modo a desenvolver mecanismos que promovam o maior nível de autonomia e comodidade para os portadores de deficiência física. Um dos exemplos que fazem parte desses produtos são as cadeiras de rodas que garantem locomoção com maior autonomia e independência, elevando sua vida social, econômica e política, como plenos cidadãos que eles são.

Mesmo com toda evolução neste tipo de mecanismo, se faz necessário aprimoramentos, principalmente no que se diz respeito a ergonomia, um exemplo disso é a transferência do deficiente da cadeira para a cama, que apesar de ser uma atividade rotineira, é uma das grandes dificuldades desgastante para os cadeirantes no seu cotidiano, o que torna necessário uma melhor interação entre o homem-máquina, de modo que facilite esta atividade e aprimorando, assim, a autonomia e a qualidade de vida dos deficientes. Outro fator que precisa ser avaliado é a acessibilidade, no qual um claro exemplo disso é quando se faz necessário o transporte do deficiente e da cadeira por algum meio de transporte, como veículos, ônibus, metrô, etc. Esse fator é ainda mais importante para os deficientes que não possuem condições financeiras de ter seu próprio transporte.

Esses fatores determinaram o foco do presente trabalho, que visa desenvolver um projeto com aprimoramento da ergonomia e otimização da cadeira de rodas, de modo a ter um melhor deslocamento dos portadores de deficiência física em algumas situações do cotidiano, como a

transferência do deficiente da cadeira para a cama e minimização do espaço que a cadeira ocupa quando é necessário o seu transporte.

## **1.2 – Objetivo geral**

O trabalho tem como objetivo estudar e avaliar as dificuldades do cadeirante, nas situações da transferência do deficiente para a cama e locomoção do deficiente com a cadeira de rodas, assim como, desenvolver soluções para estas dificuldades.

## **1.3 – Objetivo específico**

- Avaliar as dificuldades a serem minimizadas;
- Aplicar as etapas de metodologia do projeto;
- Desenvolver as matrizes de decisões;
- Calcular a viabilidade das soluções;
- Calcular e dimensionar as soluções.

## **1.4 – Justificativa**

A busca por alternativas para acessibilidade que favorecem comodidade e conforto às pessoas portadoras de necessidades físicas, que utilizam cadeira de rodas, tem havido um aumento significativo dos estudos na engenharia voltado para esta área. Aliado a isto está a acessibilidade e ergonomia, que são condições de suma importância na vida dos cadeirantes. Sabendo que a qualidade de vida é um conjunto de fatores que contribuem para o bem estar físico e mental, sendo assim, de extrema relevância o desenvolvimento de projetos que visam alavancar condições de autonomia e conforto para portadores de necessidades físicas.

Com isso, é justificada a necessidade da obtenção de novos conhecimentos sobre as dificuldades enfrentadas pelos cadeirantes, de modo a desenvolver um projeto que proporcione uma redução de desgaste físico nas atividades rotineiras, facilitando a locomoção e, conseqüentemente, um melhor resultado na qualidade de vida. Um outro ponto a destacar do projeto e que justifica o seu estudo, é a busca da viabilidade do projeto de tal forma que se

consiga atingir uma boa porcentagem de portadores de deficiência que possam usufruir dos benefícios deste projeto, sendo assim, caracterizado como um dos pontos fortes deste trabalho, que é a minimização dos custos para implementação da concepção do produto desenvolvido.

### **1.5 – Escopo do trabalho**

O trabalho está dividido em sete seções. A seção 1 traz uma visão geral da dificuldade física, além de explicitar sobre principal meio de locomoção dos deficientes físicos, a cadeira de rodas, falando dos seus benefícios que ainda não é suficiente para dá total autonomia aos cadeirantes. Em seguida é apresentado o objetivo principal e específicos do trabalho, tendo pôr fim a justificativa da realização desse trabalho.

Já na seção 2, o conteúdo é apontado de modo específico, descrevendo os deficientes, os dispositivos usados pelos mesmos, a evolução histórica das cadeiras de rodas e os principais componentes constituintes desse mecanismo. Neste capítulo também é feita uma descrição sobre as etapas que constitui o desenvolvimento de um projeto e depois é descrito o *Autodesk Inventor*, que é o *software* de simulação usado para desenvolver o projeto estabelecido neste trabalho.

A seção 3 descreve a metodologia, ou seja, como o trabalho foi desenvolvido, seguindo as etapas para elaboração e execução de projetos.

Na seção 4 são apresentados os resultados obtidos em cada fase do projeto, bem como tabelas e figuras e o resultado final de todo o projeto.

A seção 5 descreve a conclusão obtida com o desenvolvimento da ideia proposta.

Por fim, na seção 6 são apresentadas todas as referências usadas para desenvolvimento do trabalho e na seção 7 estão anexos referentes aos detalhes do projeto.

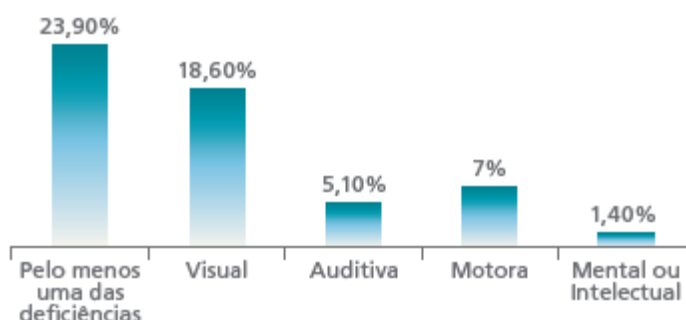
## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 – Deficientes

Considera-se pessoa com deficiência aquela que tem impedimento de natureza física, mental, intelectual ou sensorial a longo prazo, o qual, em interação com uma ou mais barreiras, pode obstruir sua participação plena e efetiva na sociedade em igualdade de condições com as demais pessoas (BRASIL, 2015).

De acordo com os dados apresentados na cartilha do censo 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, concluiu que 23,9% da população brasileira apresenta algum tipo de deficiência, as distribuições dessas deficiências são apresentadas na figura 1, onde desse valor, 7% possuem deficiência motora, expondo algum comprometimento da locomoção do indivíduo (IBGE, 2010). Ainda, de acordo com os dados do IBGE, às 15:33:23 horas do dia 26 de julho de 2016 a população brasileira estava estimada em 206.207.358 milhões de habitantes, o que significa que 14.434.515,06 milhões de pessoas possuem deficiência motora. Esse é um número bastante significativo, o que leva a entender a importância da cadeira de rodas na vida destes indivíduos, elas constituem uma parte principal na vida de um portador de deficiência física.

**Figura 1:** Distribuição por tipo de deficiência.



**Fonte:** Cartilha do censo do IBGE (2010).

#### 2.1.2 – Cadeira de rodas

A necessidade de transportar pessoas com deficiência se faz presente há décadas, com intuito de minimizar essa dificuldade surgia a cadeira de rodas. As cadeiras de rodas são sistemas mecânicos utilizados como dispositivo de locomoção para portadores de deficiência

ou que tenham alguma mobilidade física, possibilitando a realização de atividades que de outra forma seria difícil.

Não há relatos sobre uma data exata em que a primeira cadeira de rodas foi criada, mas em 1595 uma ortopedista canadense desenvolveu uma cadeira de rodas para o rei Felipe II da Espanha (vide a figura 2).

Com o avanço da tecnologia as cadeiras de rodas começaram a se modernizar chegando ao que existe até os dias atuais, melhorando a qualidade de vida de seus usuários. A figura 3 apresenta inúmeros tipos de cadeiras de rodas modernas.

**Figura 2:** Cadeira desenvolvida para o rei Felipe II.



**Fonte:** Deficiente ciente.

**Figura 3:** Cadeira de rodas modernas.



**Fonte:** (a) Roda viva; (b) Os cadeirantes e  
(c) Jfgallo

### 2.1.2.1 – Tipos de cadeiras de rodas

As cadeiras de rodas são divididas basicamente em duas categorias: manuais e eletrônicas, ambas podem ser movimentadas manualmente, pelo usuário ou empurradas por alguém (SANTOS, 2013). Existem, ainda, subcategorias desses mecanismos conhecidas como:

- ✓ Cadeiras de rodas clássicas que são usadas principalmente para transportes de pessoas em hospitais e locais públicos, podendo fechar-se ou não e não são normalmente usadas como principal meio de transporte dos cadeirantes devido à falta de comodidade para uma boa qualidade de vida, entretanto são usadas devido ao seu baixo custo;
- ✓ As cadeiras convencionais são usadas como principal meio de locomoção dos portadores de deficiência física, pois proporcionam um melhor conforto e bem estar ao usuário;
- ✓ Cadeiras de rodas para banho são utilizadas para facilitar alguns procedimentos cotidianos realizados no banheiro;
- ✓ Cadeiras de rodas práticas esportivas são bastante utilizadas por atletas de alto rendimento dos mais diversos tipos esportes, como: Atletismo, Basquetebol para cadeirantes, Tênis, Bocha, Rugby e etc.
- ✓ Tipos de cadeiras de acordo com a idade e tamanho do usuário, um exemplo disso são as cadeiras de rodas infantis.

Essas subcategorias podem ser vistas na figura 4.

**Figura 4:** Subcategorias das cadeiras de rodas, a) convencional, b) clássica, c) para banho, d) infantil, e) desportiva.



**Fonte:** Cirúrgica Nova Cruz (2016).

Além disso, existem as cadeiras eletrônicas ou motorizadas encontradas no mercado, segundo Anirudh e Satpathy (2014), a cadeira de rodas eléctrica mais importante foi inventada por George Klein, com o objetivo de ajudar os soldados feridos da II Guerra Mundial, ao passar do tempo, as mesmas foram mudando de formas e atendendo a diversas necessidades e oferecendo várias funções, como, reclináveis, elevação do assento, controlador de mão e muito mais. Alguns dos modelos são portáteis que é que pode ser desmontado e transportado ao longo enquanto viajam. Porém, para Vidal Filho (2010), elas possuem um custo que impede o acesso a uma grande parcela desta população com deficiência. Uma breve pesquisa no mercado nacional mostra que existem poucas marcas de cadeiras de rodas motorizadas de fabricação nacional e os custos destes produtos variam de R\$ 5.000,00 a 8.200,00 o que as tornam proibidas a uma grande parcela dos usuários. A figura 5 apresentam exemplos de cadeiras motorizadas.

**Figura 5:** Cadeiras motorizadas.



**Fonte:** (a) Cadeiras de rodas Curitiba (b) Cirúrgica Express e (c) Hospitalar Brasil

### 2.1.2.2 – Componentes básicos de uma cadeira de rodas

Os componentes de uma cadeira de rodas podem variar de acordo com a necessidade de cada usuário, mas existe aqueles que são componentes básicos responsáveis pelo desempenho de uma cadeira de rodas, onde é possível citar, como exemplos: alça, apoio dos braços, apoio para os pés, encosto, assento, freios, quadro, roda dianteira, pneu e corrimão. (TOMOTANI, CURY, 2011). A figura 6 ilustra esses componentes.

**Figura 6:** Ilustração dos componentes básicos de uma cadeira de rodas.



**Fonte:** Cirúrgica Nova Cruz (2016).

De acordo com o departamento de Engenharia Mecânica do Instituto Superior Técnico de Lisboa (2000), o componente da cadeira de rodas que apresenta maior variação é a estrutura, sua forma é determinada de acordo com a função que a cadeira deve desempenhar e são divididas basicamente em três tipos:

- ✓ De fecho vertical, que possibilita o fechar a cadeira no plano vertical reduzindo a largura da mesma e mantendo a altura;
- ✓ De fecho horizontal, possibilita o encolher a cadeira no plano horizontal, nesse caso, o encosto pode ser rebatido sobre o assento, diminuindo a altura da cadeira e mantendo a largura;
- ✓ Do tipo rígida, estrutura em que não é permitido o fecho em nenhum dos planos, mantendo sempre a mesma altura e largura.

## **2.2 – Projeto**

O projeto é o método de aplicação das várias técnicas e princípios científicos com a finalidade de definir um dispositivo, um método ou um sistema suficientemente pormenorizado para permitir sua realização (NORTON, 2013).

Norton (2013) descreve que o objetivo final de um projeto de máquinas é dimensionar, dar forma às peças, selecionar os materiais e os processos de manufatura adequados, de modo que a máquina ou equipamento resultante possa desempenhar a função para a qual foi projetada sem falhar. Isso exige que o engenheiro seja capaz de calcular e de antecipar o modo e as condições de falha de cada elemento para que possa ser projetado de modo a prevenir falhas, necessitando de análise de tensão e deflexão de acordo com cada peça.

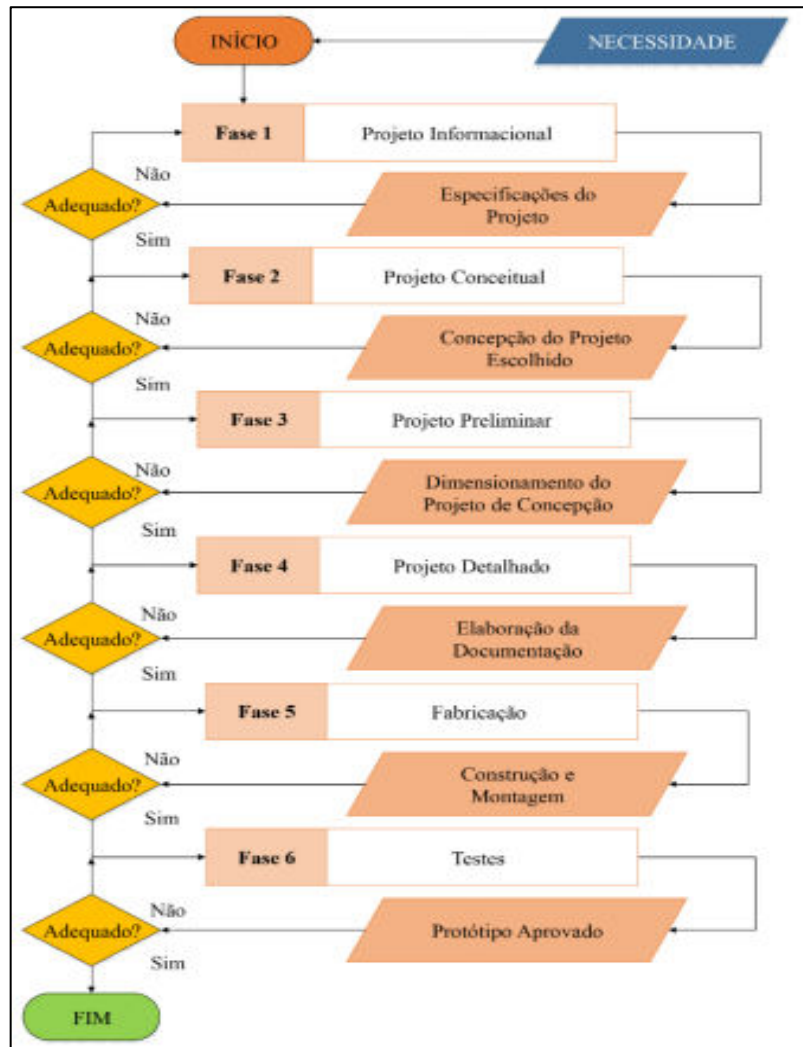
Par isso, é necessário que o projeto seja o mais preciso possível, pois erros de dimensionamento e cálculos alteram de forma negativa os resultados finais, dificultando a segurança e execução correta do projeto. Brito (2015) ressalta que mesmo com toda necessidade de precisão em um projeto, alguns fatores podem interferir na elaboração do mesmo, tendo em vista que é difícil projetar com exatidão todos os esforços exercidos sobre a máquina ou equipamento em questão.

### **2.2.1 – Etapas de projeto**

Para Maribondo (2000), as etapas de projeto ou metodologia de projeto é um conjunto de ferramentas e documentos de suporte ao processo de projeto que tem por objetivo auxiliar os projetistas a tomarem as melhores decisões, utilizando mecanismos de avaliação e retroalimentação de dados, que juntos dão suporte às tomadas de decisões, na busca pela solução adequada de um determinado problema de projeto.

As etapas de projeto consistem basicamente em seis, onde cada uma possui objetivos distintos, sendo primordial na elaboração de um projeto. Essas etapas são apresentas no fluxograma da figura 7 e em seguida será descrito cada etapa.

**Figura 7:** Etapas do projeto.



Fonte: Miranda apud Marimbondo (2015).

### 2.2.1.1 – Projeto informacional

É a etapa inicial, onde ocorre a definição e levantamento de informações acerca do problema e estabelece as especificações do projeto. Para Miranda (2015) apud Brito (2015), essa fase trata-se da interpretação e da limitação dos requisitos disponíveis de forma clara e objetiva.

Ainda nessa etapa, é aplicado alguns métodos para análise e solução do problema, como a construção do *Quality Function Development* (QFD) ou casa da qualidade, que tem por objetivo identificar os pontos fortes e fracos do problema, para que os mesmos possam ser trabalhados. Esses pontos são obtidos através de requisitos exigidos pelo cliente correlacionados com os requisitos do projeto. Outro método é o diagrama de Mudge que

permite a comparação de função dos requisitos do cliente em duas a duas, com o objetivo de ordena-las por relevância (ROCCO; SILVEIRA, 2007). No benchmarking, que consiste de uma pesquisa de mercado, o objetivo é avaliar os produtos existentes no mercado relacionados ao problema proposto, afim de verificar se os mesmos podem solucionar, total ou parcial o problema do projeto. A partir disso é construída a matriz de decisão, que é uma forma rápida de avaliar através de critérios que favoreçam uma visão mais extensa e coerente de várias alternativas. Um exemplo da matriz de decisão é apresentado na figura 8 desenvolvida por Tomotani e Cury (2011).

**Figura 8:** Exemplo de uma matriz de decisão.

| Critério                        | Descrição                                                                                                                                                                         | Peso na matriz |
|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| Segurança                       | Segurança oferecida pelo mecanismo, tanto de mudança de forma quanto de locomoção quando na posição "em pé".                                                                      | 4              |
| Funcionalidade                  | Eficiência, confiabilidade e funcionalidade do mecanismo de mudança de posição. Considera funcionalidade para todos os tipos de deficientes (pernas amputadas, má-formação, etc). | 4              |
| Preço                           | Preço estimado da cadeira, quando completa. Considera facilidade e viabilidade de fabricação e montagem.                                                                          | 3              |
| Manobrabilidade e portabilidade | Facilidade em se conduzir o mecanismo, em qualquer terreno e inclinação. Considera dimensões.                                                                                     | 3              |
| Praticidade do mecanismo        | Facilidade em se acionar o mecanismo de mudança de forma.                                                                                                                         | 3              |
| Conforto                        | Conforto do usuário, quando em ambas as posições e ao longo do movimento de elevação.                                                                                             | 3              |
| Resistência                     | Resistência da cadeira e todas as suas partes.                                                                                                                                    | 2              |
| Manutenção                      | Necessidade e facilidade de manutenção da cadeira e de seus mecanismos.                                                                                                           | 2              |
| Intercambialidade               | Possibilidade de se ter peças padronizadas, iguais as utilizadas em cadeiras "convencionais".                                                                                     | 2              |
| Rapidez                         | Velocidade, tanto de deslocamento quanto de mudança de posição.                                                                                                                   | 1              |
| Estética                        | Beleza estética da solução final.                                                                                                                                                 | 0*             |

**Fonte:** Tomotani e Cury (2011).

### 2.2.1.2 – Projeto conceitual

O objetivo principal desta fase é gerar soluções capazes de satisfazer as necessidades dos clientes e proporcionar base para o projeto detalhado do produto (OTTOSSON, 2004). E para Miranda (2015), nessa fase almeja-se representar a solução da melhor forma, por meio de croquis, diagramas e desenhos técnicos, visualizando a ideia que melhor atende à demanda do projeto estabelecida no projeto informacional.

### **2.2.1.3 – Projeto preliminar**

Essa etapa consiste na definição das características técnicas do produto, geração de alternativas, estudo de materiais, componentes e processos, e o estudo de alternativas técnicas.

De acordo com Almeida, Miguel e Carvalho (2008), é nessa fase que se dá início ao desenvolvimento efetivo do produto. É a fase onde ocorre o encorpamento do projeto, gerando a montagem geométrica do produto e a simulação dinâmica das soluções conceituais.

### **2.2.1.4 – Projeto detalhado**

Nesta etapa é executado os desenhos técnicos do projeto por meios de softwares, é elaborada a documentação técnica do produto, as especificações e custos decorrente do projeto. Para Miranda (2015), nessa fase são estabelecidos os processos de fabricação de acordo com as normas vigentes no país, quando a segurança operacional e a confiabilidade do produto, assim, detalhando sua documentação para a futura construção do mesmo.

### **2.2.1.5 Fabricação**

A etapa de fabricação é feita o planejamento para a fabricação, confecção de modelos e protótipos. Para essa fase é extremamente importante que todas as etapas anteriores tenham sido bem executadas, pois é a partir das especificações e detalhamentos delas que o produto pode ser produzido.

### **2.2.1.6 – Testes**

A fase de testes consiste em verificar se o produto final atende as todas as especificações exigidas no projeto, ou seja, esses testes são realizados para comprovar o atendimento do protótipo, com base nas especificações previstas no projeto detalhado, caso o produto apresente algum problema é realizado correções no projeto (MIRANDA, 2015).

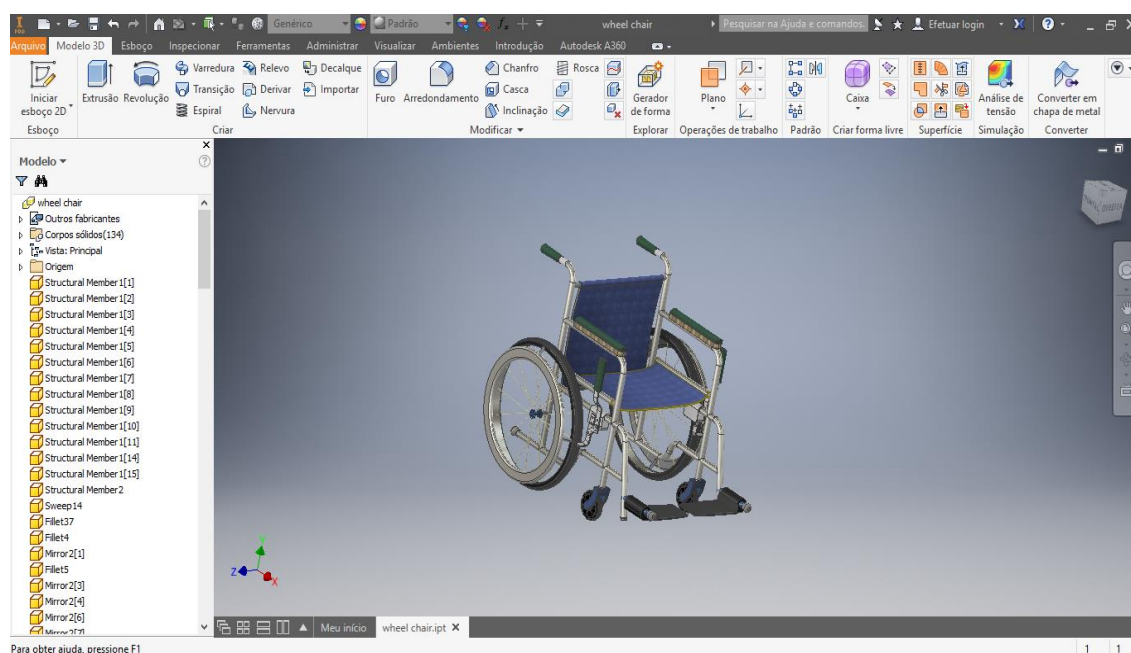
## **2.3 – Autodesk Inventor**

O *software Autodesk Inventor* é o principal mecanismo para desenvolvimento do objetivo do trabalho em questão. O *Autodesk Inventor* fornece soluções de designs profissionais de engenharia para o projeto mecânico 3D, simulação, ferramentas, visualização e

documentação. Com o software Inventor é possível desenvolver desenhos 2D *Autodesk AutoCAD* e dados 3D em um único modelo digital, criando o desenho virtual do produto final, podendo, também, fazer ajustes nas funções do produto antes do mesmo ser fabricado.

O *Autodesk Inventor* permite projetar, visualizar e simular produtos digitais, ajudando a reduzir os custos de desenvolvimento, chegar ao mercado mais rapidamente, e fazer grandes produtos (IMAGINIT TECHNOLOGIES, 2016). A figura 9 mostra a área de simulação de projeto do *Autodesk Inventor*.

**Figura 9:** Área de desenvolvimento de projeto do Autodesk Inventor.



**Fonte:** Autoria própria.

### 3. METODOLOGIA

Para concepção do projeto, foi feito um levantamento sobre as dificuldades que um cadeirante enfrenta diariamente, com base em uma delas, foram aplicadas a metodologia de projeto para planejamento e execução do trabalho, usando como modelo a cadeira de rodas AVD ALUMÍNIO da ORTOBRAS para modelagem inicial no *software Autodesk Inventor*.

#### 3.1 Problemática do trabalho

Atualmente, as indústrias com foco em acessibilidade dos deficientes físicos vêm desenvolvendo inúmeras máquinas que permitam minimizar os problemas enfrentados por

esta parcela da população. Mesmo com toda tecnologia desenvolvida e existente, ainda não há no mercado um mecanismo de locomoção para deficientes físicos eficiente que atenda a todas as demandas dos portadores de deficiência física, visto que essa não é uma tarefa fácil, pois cada deficiente possui necessidades específicas e enfrentam as mais diversas situações no seu cotidiano, que se faz necessário um estudo detalhado e, na maioria dos casos, uma solução específica. A figura 10 exemplifica uma atividade cotidiana, mas que ainda é um problema para portadores de deficiência física.

**Figura 10:** Problema cotidiano enfrentado por portadores de deficiência física.



**Fonte:** Autoria própria.

Com base nessas demandas, o presente trabalho consiste em desenvolver um projeto que promova menos desgaste físico na transferência do cadeirante para a cama e reduza o espaço que a cadeira de rodas ocupa quando é necessário transportá-la, utilizando a cadeira de rodas AVD ALUMÍNIO da ORTOBRAS para modelo inicial. A tabela 1 mostra as restrições estimadas para as cadeiras de rodas, essas dimensões serão usadas para modelagem inicial no *Software Autodesk Inventor*.

**Tabela 1:** Restrições estimadas para as cadeiras de rodas.

| Parâmetros                           | Máximo           | Mínimo |
|--------------------------------------|------------------|--------|
| Capacidade de carga                  | 120 Kg           |        |
| Comprimento                          | 0,95 m           | 1,15 m |
| Largura                              | 0,60 m           | 0,70 m |
| Altura do assento em relação ao piso | 0,49 m           | 0,53 m |
| Acionamento                          | Próprio ocupante |        |

Fonte: Adaptada de Blog do cadeirante (2014).

### 3.2 – Metodologia de projeto

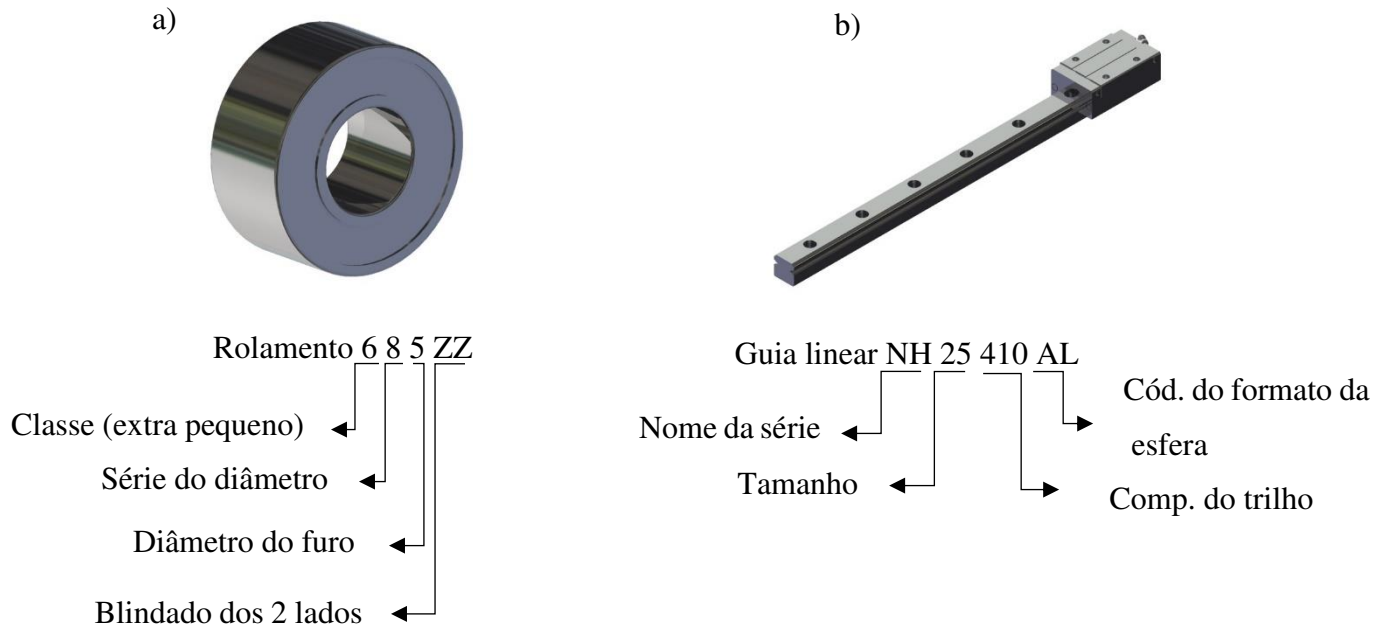
Para desenvolvimento desse projeto foi utilizada a metodologia de projetos descrita no tópico 2.2, que consiste em 6 etapas, porém foram utilizadas as quatro primeiras etapas, que são: projeto informacional (busca de informações e requisitos), projeto conceitual (concepção do projeto escolhido), projeto preliminar (dimensionamento do projeto de concepção), projeto detalhado (elaboração do projeto).

#### 3.2.1 – Metodologia no software Inventor

Para modelagem do projeto foi usado um modelo pronto de cadeira de rodas no formato *Autodesk Inventor* disponível para download no site da GrabCAD, adaptando-a para as condições do modelo inicial proposto no trabalho, em seguida iniciou-se a montagem das peças que individualmente, essas peças são: rolamento de série especial (extra pequena) NSK 685ZZ e guia linear NSK NH25AL, apresentados na figura 11, essas peças estão disponíveis em modo cad no site da NKS e na tabela 2 estão listadas as cargas suportadas por ambas as peças e

quantidade de peças usadas. Em seguida foram desenvolvidas algumas peças para garantir a segurança e o desenvolvimento ideal do projeto.

**Figura 11:** Peças usadas na montagem. a) NSK 685ZZ, b) NSK NH25AL.



**Fonte:** Próprio autor.

**Tabela 2:** Cargas suportadas pelo rolamento e guia linear.

| Peças              | Carga dinâmica | Carga estática |
|--------------------|----------------|----------------|
| <b>Guia Linear</b> | 33500 N        | 46000 N        |
| <b>Rolamento</b>   | 73 Kgf         | 29 Kgf         |

**Fonte:** Adaptada da NSK (2016).

## 4. RESULTADOS

O capítulo 4 apresenta os resultados obtidos através da aplicação da metodologia de projeto apresentada no capítulo anterior, bem como os dados obtidos e desenvolvimento de todo o projeto.

### 4.1 – Projeto informacional da análise e otimização da cadeira de rodas

No projeto informacional ocorre o desenvolvimento das informações referentes ao problema, obtenção dos requisitos técnicos. É nessa fase que acontece a elaboração dos objetivos e tomadas de decisões necessárias para o desenvolvimento das fases seguintes.

Para obtenção das informações necessários, foi feita uma pesquisa sobre as principais dificuldades enfrentadas pelos deficientes físicos, a partir delas, iniciou-se a aplicação de métodos para atender aos requisitos do usuário. O primeiro método é o diagrama de Mudge, que consistiu em avaliar a ordem de relevância que um requisito tem sobre o outro, fornecendo valores de importância dos requisitos para serem usados no próximo método. A tabela 3 apresenta os resultados obtidos através da aplicação do diagrama.

O segundo método é a casa da qualidade (QFD) apresentando na tabela 4, que mostra a transformação dos requisitos do usuário em requisitos técnicos do projeto, uma pesquisa sobre projetos já existentes, ainda na matriz (QFD) está o benchmarking que é uma pesquisa de mercado, que foi aplicado para avaliar se algum projeto existente no mercado poderia atender total ou parcial aos requisitos proposto pelo usuário.

**Tabela 3:** Diagrama de Mudge.

|                  | 1           | 2            | 3        | 4                | 5         | 6         |      |     |    |
|------------------|-------------|--------------|----------|------------------|-----------|-----------|------|-----|----|
|                  | Baixo custo | Durabilidade | Conforto | Fácil transporte | Segurança | Aparência | soma | %   | VC |
| Baixo custo      | 1           | 1B           | 1C       | 1C               | 5A        | 1A        | 10   | 21  | 5  |
| Durabilidade     |             | 2            | 2C       | 2C               | 5B        | 2A        | 7    | 15  | 5  |
| Conforto         |             |              | 3        | 3A               | 5B        | 3A        | 10   | 21  | 5  |
| Fácil transporte |             |              |          | 4                | 5A        | 4A        | 5    | 10  | 3  |
| Segurança        |             |              |          |                  | 5         | 5A        | 21   | 33  | 5  |
| Aparência        |             |              |          |                  |           | 6         | 0    | 0   | 1  |
|                  |             |              |          |                  |           | Total     | 48   | 100 |    |

| Legenda              |                            |
|----------------------|----------------------------|
| Valor de importância |                            |
| A= 5 pts             | Muito mais importante      |
| B= 3 pts             | Mediamente mais importante |
| C= 1 pts             | Pouco mais importante      |

Fonte: Próprio autor.

**Tabela 4:** Casa da qualidade

| Legenda        |                   |
|----------------|-------------------|
| Relacionamento | Telhado           |
| 5 - Forte      | Forte positivo ++ |
| 3 - Médio      | Positivo +        |
| 1 - Fraco      | Negativo -        |

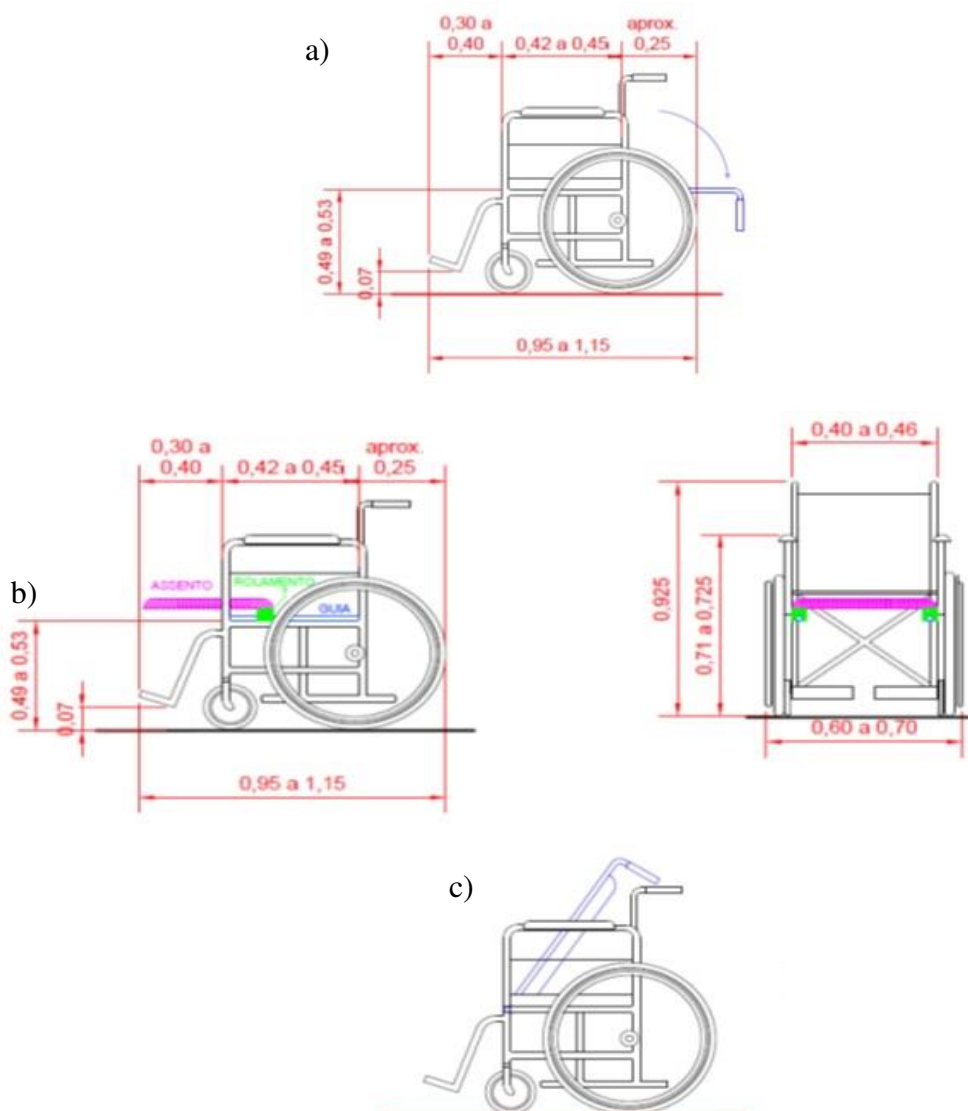
| Importância relativa (%) | Importância | ← Requisitos do usuário       | Requisitos técnicos ↓ | Material (disponíveis no mercado) | Solicitação de carga (Kg) | Ergonomia | Desmontável | Movimentação dos componentes | Fácil de manobrar | Preço (R\$) | Pesquisa 1 | Pesquisa 2 | Pesquisa 3 |
|--------------------------|-------------|-------------------------------|-----------------------|-----------------------------------|---------------------------|-----------|-------------|------------------------------|-------------------|-------------|------------|------------|------------|
|                          |             |                               |                       |                                   |                           |           |             |                              |                   |             |            |            |            |
| 20,84                    | 5           | Baixo custo                   |                       | 5                                 |                           |           |             |                              |                   | 5           | 5          | 3          | 3          |
| 20,84                    | 5           | Durabilidade                  |                       | 5                                 | 3                         | 3         |             |                              |                   | 3           | 3          | 3          | 3          |
| 20,84                    | 5           | Conforto                      |                       | 5                                 |                           | 5         | 3           | 3                            | 5                 | 3           | 3          | 5          | 5          |
| 12,5                     | 3           | De fácil transporte           |                       |                                   |                           | 5         | 5           | 5                            | 5                 |             | 3          | 5          | 5          |
| 20,84                    | 5           | Segurança                     |                       |                                   | 5                         | 5         |             | 3                            |                   |             | 3          | 3          | 3          |
| 4,17                     | 1           | Aparência                     |                       | 1                                 |                           |           |             |                              |                   |             | 1          | 1          | 1          |
|                          |             | Máx. relacionamento da coluna |                       | 5                                 | 3                         | 5         | 5           | 3                            | 5                 | 5           |            |            |            |
|                          |             | Peso ou importância           |                       | 76                                | 40                        | 80        | 30          | 45                           | 40                | 55          |            |            |            |
|                          |             | Importância relativa          |                       | 21                                | 11                        | 11        | 8,2         | 12                           | 11                | 15          |            |            |            |

Fonte: Próprio autor.

## 4.2 – Projeto conceitual da análise e otimização da cadeira de rodas

O projeto conceitual consiste em propor uma solução que atenda ao máximo de exigências propostas pelo usuário. Para isso, foram desenvolvidos três projetos (ambos são apresentados através de croquis na figura 12) e aplicada a matriz de escolha para identificar qual dos projetos atenderia ao número máximo de requisitos do deficiente físico. A tabela 5 apresenta a matriz de escolha, a coluna de maior pontuação indica a escolha do projeto. As dimensões dos croquis estão na unidade de cm e são dimensões globais, haja visto que as dimensões de uma cadeira de rodas devem ser adaptadas de acordo com seu usuário.

**Figura 12:** Croquis, a) Projeto 1, b) Projeto 2, c) Projeto 3.



**Fonte:** Próprio autor.

**Tabela 5:** Matriz de escolha.

| Matriz de escolha                 | Projeto 1 | Projeto 2 | Projeto 3 |
|-----------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Material (disponíveis no mercado) | 5         | 5         | 5         |
| Solicitação de carga              | 5         | 5         | 5         |
| Ergonomia                         | 3         | 5         | 3         |
| Desmontável                       | 3         | 5         | 5         |
| Movimentação dos componentes      | 5         | 5         | 5         |
| Fácil de manobrar                 | 3         | 5         | 3         |
| Preço                             | 5         | 5         | 5         |
| Total                             | 29        | 35        | 31        |

| Legenda    |
|------------|
| 5 - Máximo |
| 3 - Médio  |
| 1 - Mínimo |

Fonte: Próprio autor.

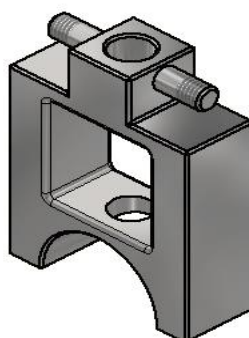
### 4.3 – Projeto preliminar da análise e otimização da cadeira de rodas

O projeto preliminar é a organização e expansão das informações levantadas no projeto informacional e conceitual, nessa etapa são apresentadas as simulações do projeto e todos os cálculos necessários para atender as solicitações e especificações do projeto.

#### 4.3.1 – Desenho no Autodesk Inventor

Como dito na metodologia, algumas peças usadas no projeto já possuem desenho no formato do Autodesk Inventor disponibilizada pelo catálogo dos fabricantes, porém, foi necessário o desenvolvimento de algumas peças. A primeira tem como função impedir que o patins do guiar linear se desencaixe do trilho, ou seja, ela funciona como fim de curso e também acopla a trava para impedir a movimentação do guiar linear durante as atividades que não exija movimento do mesmo, essa peça é ilustrada na figura 13.

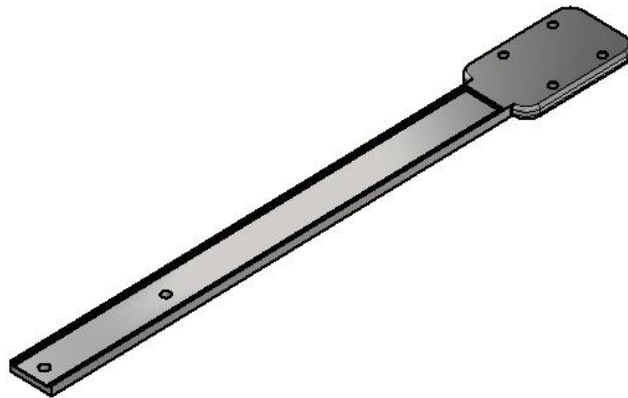
**Figura 13:** Peça de fim de curso.



Fonte: Próprio autor.

A segunda, é uma chapa que será colocada sobre o guia linear para acoplamento do assento, haja visto que, o guia linear não permite acoplar o assento diretamente sobre ele, essa segunda peça pode ser vista na figura 14. A terceira foi desenvolvida para que o encosto da cadeira fosse rebatido, reduzindo as suas dimensões estando fechada, facilitando o seu transporte.

**Figura 14:** Chapa para acoplar o assento.



**Fonte:** Próprio autor.

**Figura 15:** Peça que permite o rebatimento do encosto.



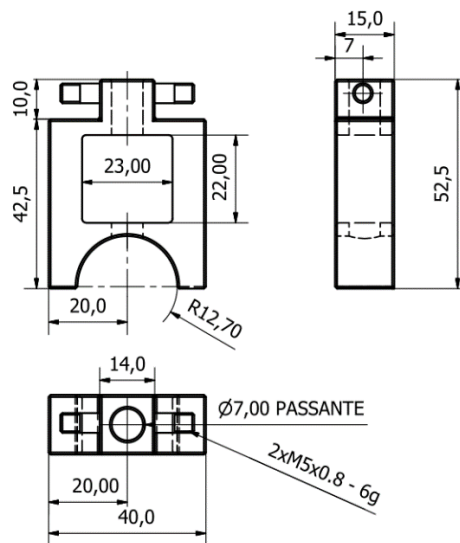
**Fonte:** Próprio autor.

#### 4.4 – Projeto detalhado da análise e otimização da cadeira de rodas

No projeto detalhado ocorre a finalização do projeto, todas as peças devem estar renderizadas, apresentarem as especificações necessárias e serem montadas para que em seguida seja feita a fabricação.

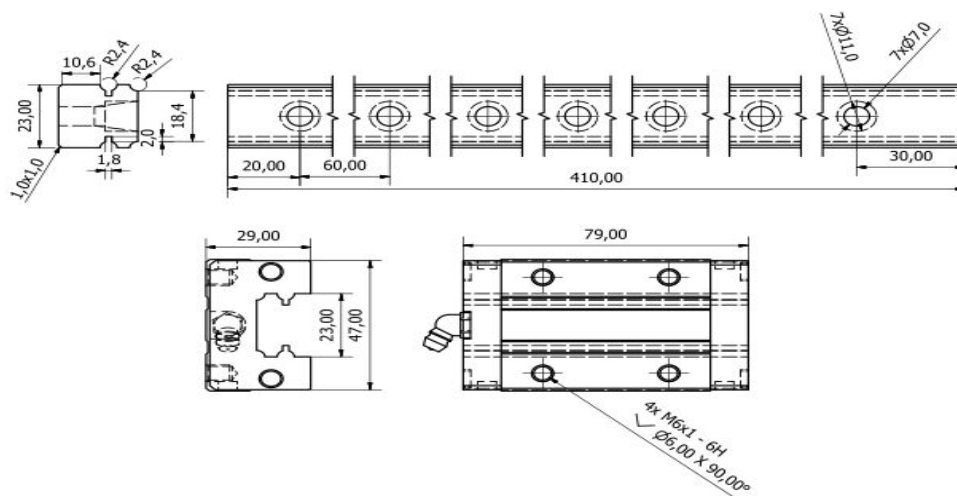
As figuras 16 e 17 mostram as peças (fim de curso, guia linear) com suas respectivas cotas e finalizadas. Apesar de já possuir modelo no *Autodesk Inventor*, o guia linear será cotado, pois o seu comprimento varia de acordo com cada aplicação.

**Figura 16:** Peça fim de curso cotada.



**Fonte:** Próprio autor.

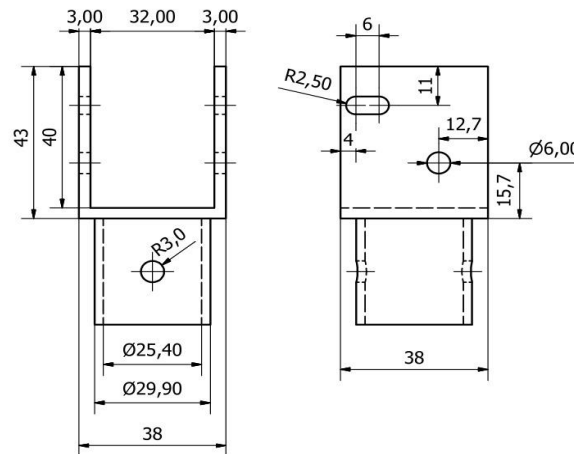
**Figura 17:** Peça guia linear cotada.



**Fonte:** Próprio autor.

Já a figura 18 apresenta o sistema usado para rebatimento do encosto.

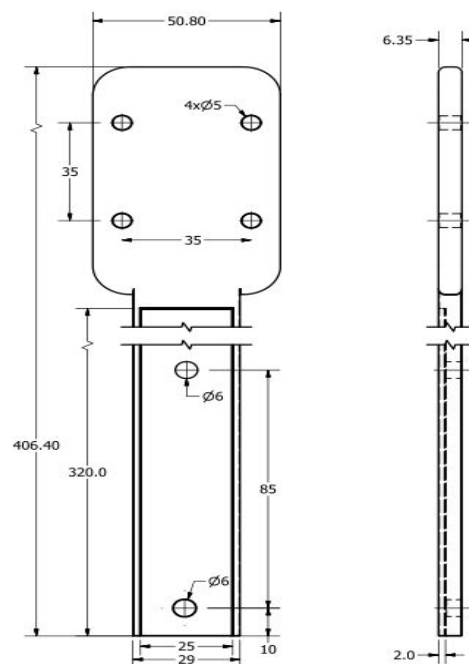
**Figura 18:** Sistema de rebatimento do encosto.



**Fonte:** Próprio autor.

Foram usadas três chapas com dimensões e/ou materiais diferentes, a primeira que apresenta dimensões mostrada na figura 19 e com material aço.

**Figura 19:** Chapa cotada.



**Fonte:** Próprio autor.

A segunda chapa varia a espessura, mudando de 6,35mm para 7,95mm e o material, de aço para aço 1020. A chapa três possui espessura de 6,35mm com material aço 1045 390QT. A tabela 6 mostra os materiais e espessuras usadas nas três chapas.

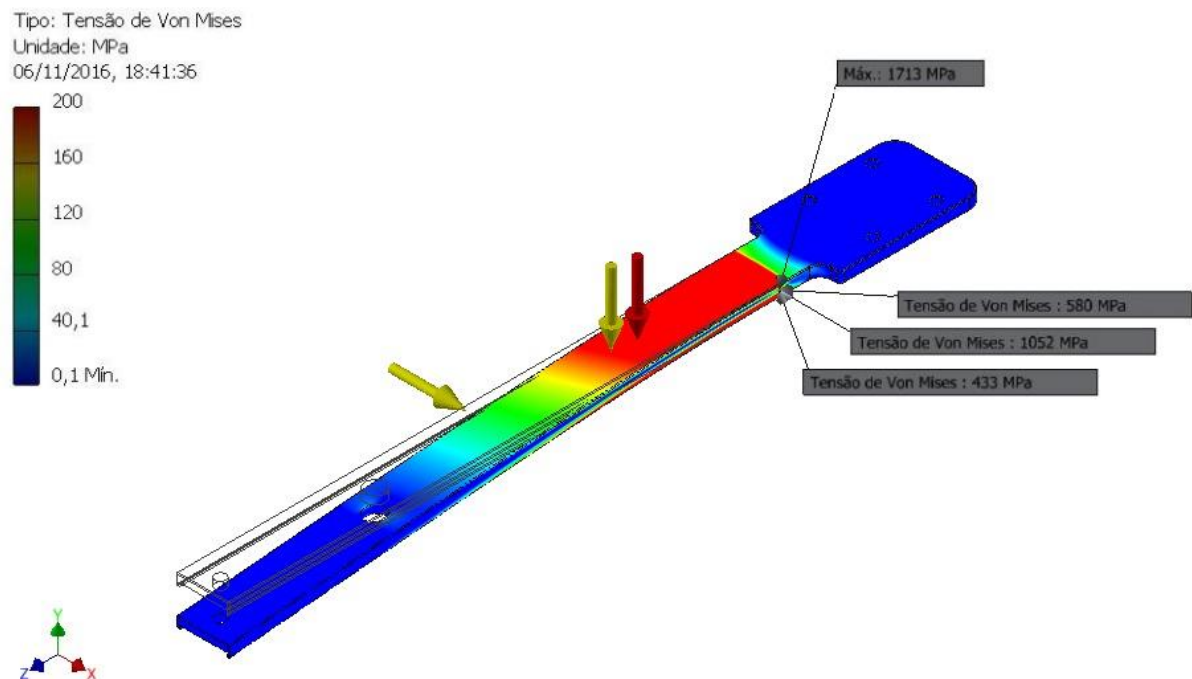
**Tabela 6:** Espessuras e materiais para as chapas.

| Peças   | Material       | Espessura ( mm) |
|---------|----------------|-----------------|
| Chapa 1 | Aço            | 6,35            |
| Chapa 2 | Aço 1020       | 7,95            |
| Chapa 3 | Aço 1045 390QT | 6,35            |

**Fonte:** Próprio autor.

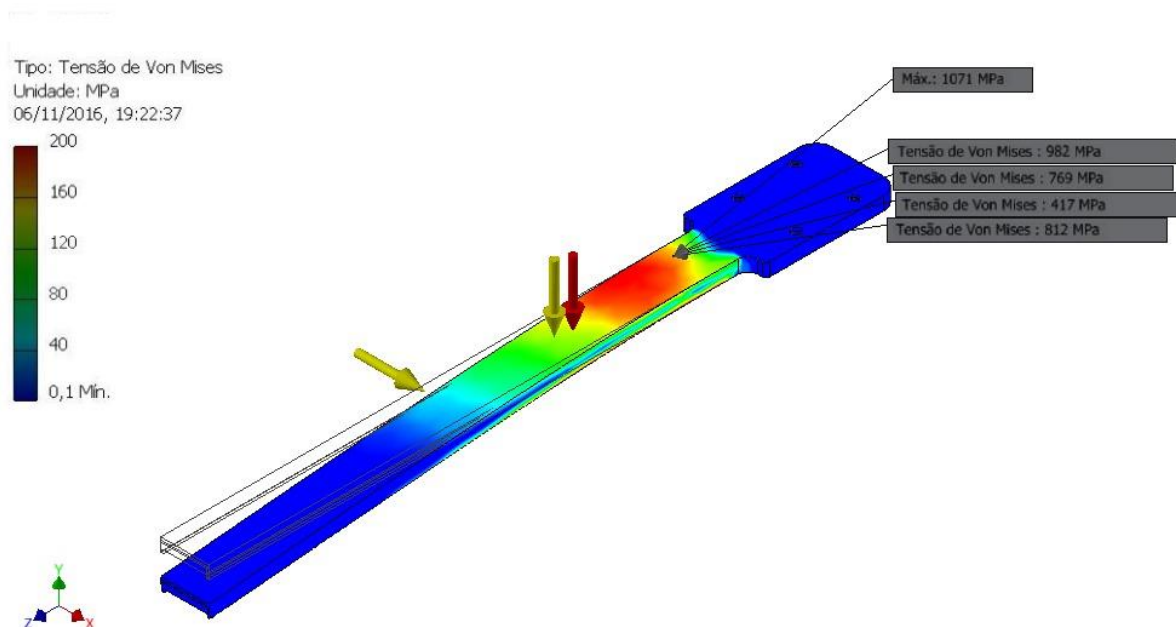
As figuras 20, 22 e 22 apresentam as três análises de tensão realizadas no projeto. A carga usada para análise em todas as simulações foi de 120Kg, que é o peso máximo estipulado pelo fabricante do modelo da cadeira. As figuras 23 e 24 trazem a finalização do projeto.

**Figura 20:** Chapa 1, análise de tensão 1.



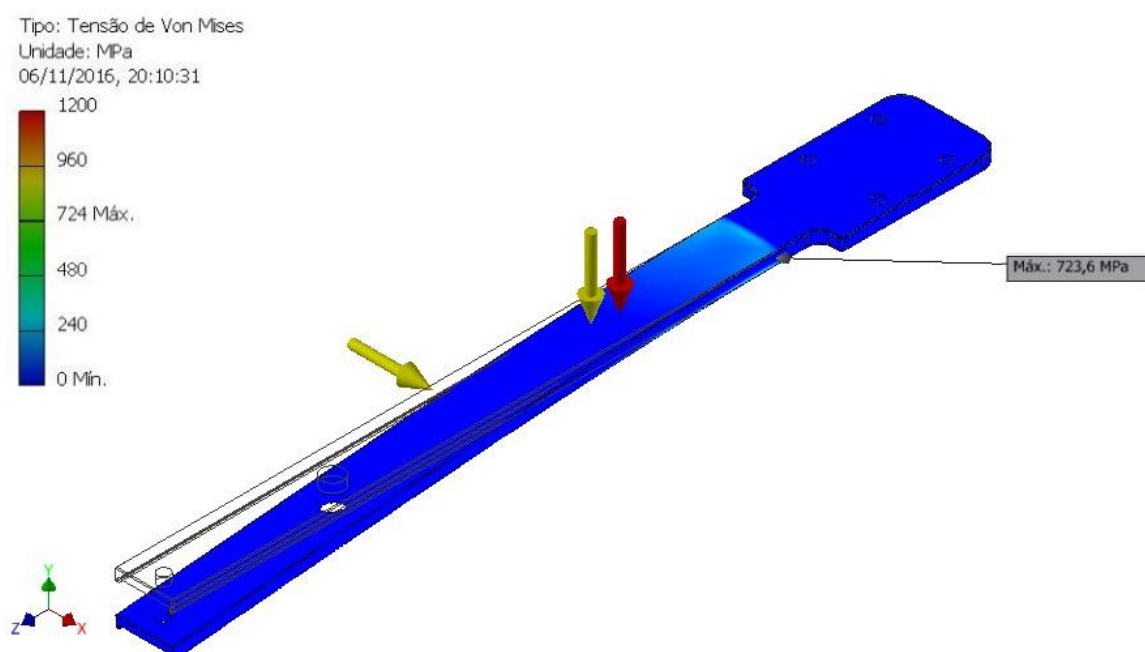
**Fonte:** Próprio autor.

**Figura 21:** Chapa 2, análise de tensão 2.



**Fonte:** Próprio autor.

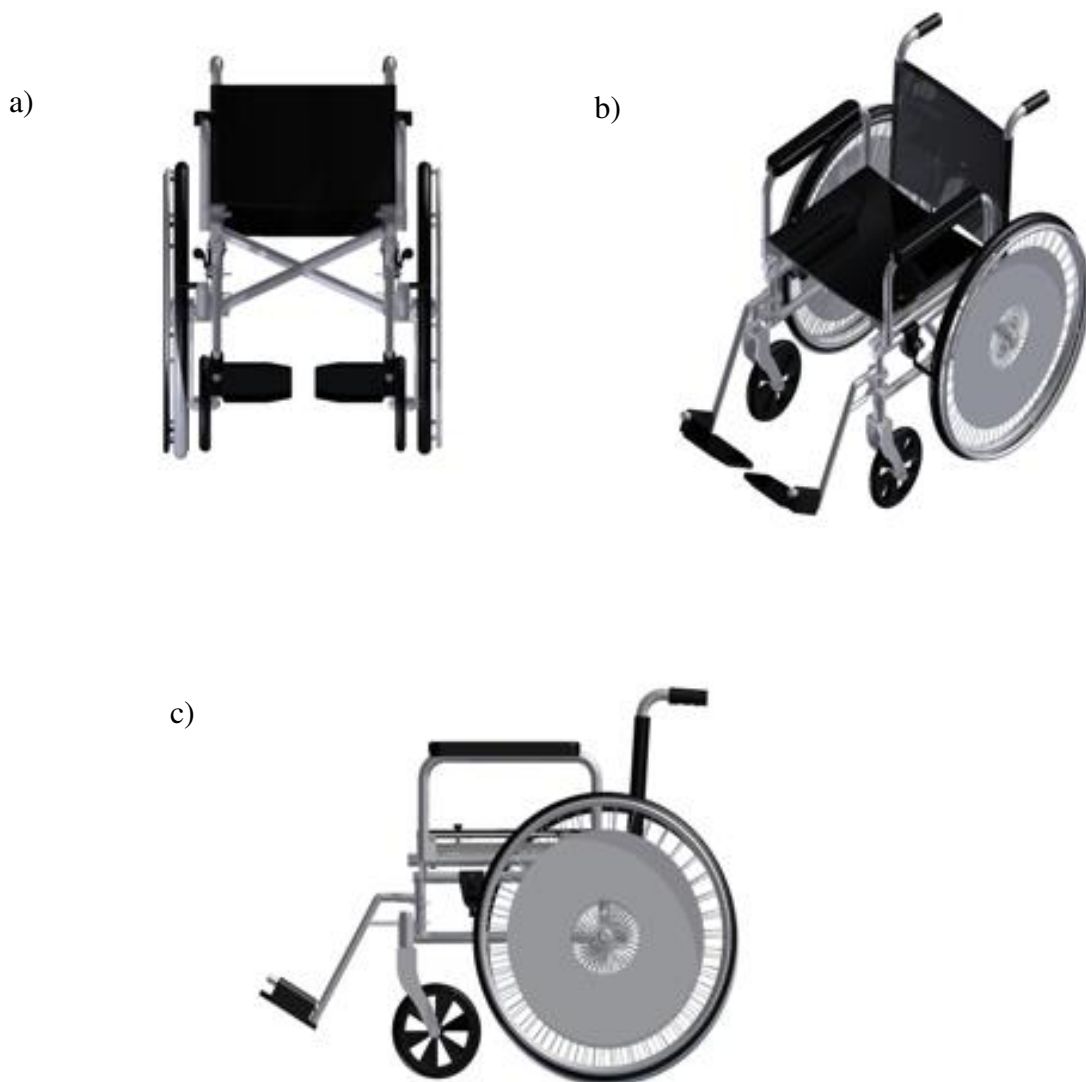
**Figura 22:** Chapa 3, a) análise de tensão 3.



**Fonte:** Próprio autor.

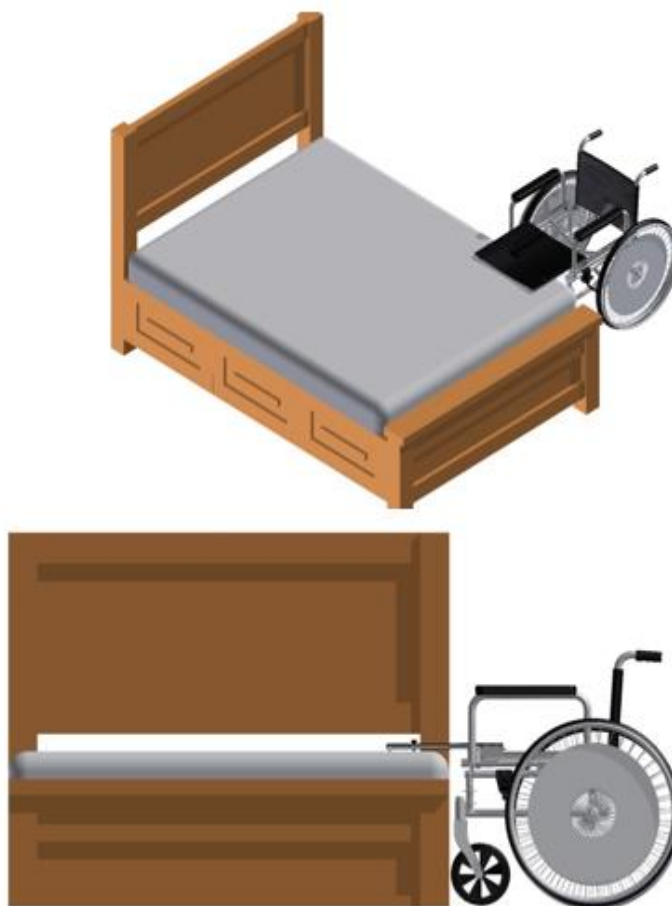
A primeira análise realizada na chapa 1 mostra que haverá fratura do material, pois a tensão máxima aplicada ultrapassa o limite de escoamento do material que é de aproximadamente 260Mpa, na análise da chapa dois, o material também irá fraturar, pois a tensão máxima aplicada ultrapassa o limite de escoamento do material que é de aproximadamente 200Mpa, já a análise da chapa 3, mostra que seu uso é adequado para a carga solicitada no projeto, pois, a tensão máxima aplicada no material é inferior ao limite de escoamento do mesmo que é de aproximadamente , não havendo fratura do material.

**Figura 23:** Finalização do projeto, a) Vista frontal, b) Vista isométrica, c) Vista lateral.



**Fonte:** Próprio autor.

**Figura 24:** Finalização do projeto, a) Vista isométrica do mecanismo acionado, b) Vista lateral do mecanismo acionado.



**Fonte:** Próprio autor.

Na tabela 7 é apresentada uma estimativa de custo e descrição das peças usadas no projeto que já são prontas, o guia linear e os patins, rolamento, e os tipos de parafusos usados no projeto. O preço total do projeto não foi definido, pois algumas peças precisam ser fabricadas de acordo com os modelos e dimensões definidas no projeto.

**Tabela 7:** Estimativa de preço das peças prontas usadas no projeto.

| Descrição do componente | Quantidade | Preço individual | Preço total |
|-------------------------|------------|------------------|-------------|
| Guia linear             | 2 peças    | R\$ 147,45       | R\$ 294,90  |
| Rolamento               | 4 peças    | R\$ 8,00         | R\$ 32,00   |
| Parafuso knob           | 2 peça     | R\$ 17,00        | R\$ 34,00   |
| Parafuso allen m6       | 4 peças    | R\$ 2,00         | R\$ 8,00    |
| Parafuso allem m5       | 8 peças    | R\$ 1,25         | R\$ 10,00   |
| Parafuso allem m8       | 2 peças    | R\$ 1,45         | R\$ 2,90    |
| <b>Total</b>            |            | R\$ 177,15       | R\$ 381,80  |

**Fonte:** Autoria própria.

## **5. CONCLUSÃO**

O avanço da tecnologia permite desenvolver e até melhorar mecanismos já existentes, todo esse desenvolvimento possui por finalidade favorecer a vida do ser humano.

A proposta do trabalho em questão não é diferente, por isso, consistiu em procurar uma solução que permitisse a transferência do deficiente da cadeira para a cama, reduzindo o esforço físico necessário nessa atividade e também a minimização do espaço que a cadeira ocupa quando é necessário transportá-la.

Os resultados do trabalho mostram que foi possível o desenvolvimento da ideia, usando a metodologia de projetos para garantir um bom desempenho desde a primeira etapa e até permite a aplicação do projeto na vida real, o mesmo não altera significativamente os custos, o que consente a aquisição por deficientes que possuem baixo poder aquisitivo.

Além de proporcionar uma alternativa para um problema cotidiano enfrentado pelos deficientes, o trabalho também proporcionou a aplicação de conhecimentos adquiridos durante toda a graduação, e fornece mais conhecimento, pois durante todo processo de pesquisa surgem informações desconhecidas, agregando saber e desenvolvendo a capacidade de pensar a cerca de soluções possíveis para dados problemas, preparando ainda mais o indivíduo para o mercado de trabalho.

## 6. REFERÊNCIAS

ABNT NBR 9050: **Norma Brasileira**: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos; Brasil, 2004.

ANIRUDH, Tadakamalla Shanmukh; SATPATHY, Jyoti Pragyan. **DESIGN OF MOTORISED WHEELCHAIR**. 2014. 40 f. TCC (Graduação) - Curso de Industrial Design, Department Of Industrial Design National Institute Of Technology, Rourkela-Índia, 2014.

BEZERRA, José Maria; VIDAL FILHO, Walter de Britto. **ESTUDO E PROJETO DE CADEIRA MOTORIZADA PARA DEFICIENTES FÍSICOS COM LOCOMOÇÃO POR PERNAS**. In: CONEM, 6., 2010, Campina Grande. **Artigo**. Abcm, 2010. p. 1 - 10.

BRITO, Diego Bruno Oliveira de. **PROJETO CONCEITUAL DE UMA GRUA DE BANDEIRA PARA MOVIMENTO DE CARGA NAS INDUSTRIAS DE CIMENTO**. 2015. 60 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Ufersa, Caraúbas, 2015.

BRASIL, CASA CIVIL. Constituição (1999). Decreto nº 3298, de 20 de dezembro de 1999. **Política Nacional Para A Integração da Pessoa Portadora de Deficiência**. Brasil.

BRASIL, CASA CIVIL SUBCHEFIA PARA ASSUNTOS JURÍDICOS. **Lei Nº 13.146, de 6 de julho de 2015**. Brasília, 6 jul. 2015.

ESTEVES, Américo Luís Felgueiras. **Desenvolvimento de uma Cadeira de Rodas Manual Adaptável**. 2011. 112 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade de Aveiro, Portugal, 2011.

FERNANDES, Alessandro. **Medidas da cadeira de rodas**. Disponível em: <<http://www.blogdocadeirante.com.br/2014/06/medidas-da-cadeira-de-rodas.html>>. Acesso em: 4 out. 2016.

GARCIA, Vera. **Cadeira de rodas e sua evolução histórica**. Disponível em:  
<<http://www.deficienteciente.com.br/cadeira-de-rodas-e-sua-evolucao-historica.html>>.  
Acesso em: 23 ago. 2016.

IBGE, **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Censo 2010, Brasil, 2010.

IBGE, **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, Brasil, 2016. Disponível em:  
<<http://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/>>. Acessado em: 26 jul. 2016.

IEA, **International Ergonomics Association**, 2016. Disponível em:  
<<https://translate.google.com.br/translate?hl=ptBR&sl=en&u=http://www.iea.cc/&prev=search>>. Acesso em: 27 jul. 2016.

LIMA, Estefheson Carlos Leite de. **DESENVOLVIMENTO E CONSTRUÇÃO DE UMA BANCADA AUTO-ELEVATÓRIA ACIONADA HIDRAULICAMENTE PARA MANUTENÇÃO DE BOMBAS**. 2016. 68 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Ufersa, Caraúbas, 2016.

MARIBONDO, Juscelino de Farias. **Desenvolvimento de uma Metodologia de Projeto de Sistemas Modulares, Aplicada a Unidades de Processamento de Resíduos Sólidos Domiciliares**. Tese (Doutorado) – Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil, 277 p, 2000.

MIRANDA, Bruno Moura. **Desenvolvimento de um equipamento de moldagem por transferência de resina para uso laboratorial**. 2015. 202 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2015.

MILK. **WheelChair**. Disponível em: <<https://grabcad.com/library/wheelchair-10>>. Acesso em: 10 set. 2016.

NORTON, Robert L.. **Projeto de máquinas**. Porto Alegre: Bookman, 2013.

NSK. **Rolamentos**. Disponível em:

<[http://www.nsk.com.br/upload/file/flipbook/Catalogo\\_Geral\\_NSK/Catalogo\\_Geral\\_NSK/Catálogo Geral NSK.html](http://www.nsk.com.br/upload/file/flipbook/Catalogo_Geral_NSK/Catalogo_Geral_NSK/Catálogo Geral NSK.html)>. Acesso em: 20 out. 2016.

OMS, **Organização Mundial da Saúde**: Diretrizes para o fornecimento de Cadeiras de Rodas Manuais em locais com poucos recursos. São Paulo, 2008.

ORTOBRAS. **AVD ALUMÍNIO**. Disponível em: <<http://www.ortobras.com.br/produto/avd-aluminio>>. Acesso em: 10 set. 2016.

OTTOSSON, S. Dynamic product development – DPD. Technovation, v. 24, p. 207- 217, 2004.

ROCCO, André Mansur; SILVEIRA, Aline Dario. **FERRAMENTAL PARA EFICIÊNCIA EM VENDAS**. Disponível em: <file:///C:/Users/TaylaS/Downloads/ferramental-para-eficiencia-em-vendas (1).pdf>. Acesso em: 09 out. 2016.

SANTOS, E. S. dos. **Ergonomia e Acessibilidade** – Um Estudo de Caso Sobre os Problemas Potenciais na Concepção de Sistema de Locomoção Para Atividades Diárias na Cidade de Manaus. Manaus, 2013.

SCARTEZINI, Helton Correia. **A importância da cadeira de rodas**. Disponível em:

<<http://www.zemoleza.com.br/trabalho-academico/biologicas/fisioterapia/a-importancia-da-cadeira-de-rodas/>>. Acesso em: 09 set. 2016.

SILVA, Arlindo Figueiredo e; RODRIGUES, Pedro Barbosa. **TIPOS DE CADEIRAS DE RODAS: NOMENCLATURA E DEFINIÇÕES**. Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2000.

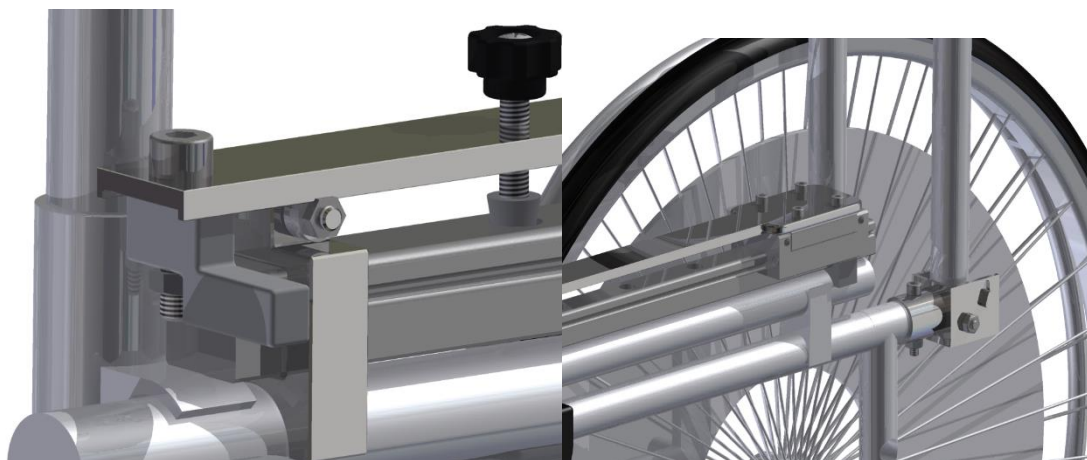
TOMOTANI, João Vitor; CURY, Rodrigo Pedro. **Desenvolvimento de uma cadeira de rodas acoplada de um mecanismo que permita posicionar e sustentar o cadeirante em pé**. 2011. 132 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

TECHNOLOGIES, Imaginit. **Autodesk Inventor**. Disponível em:

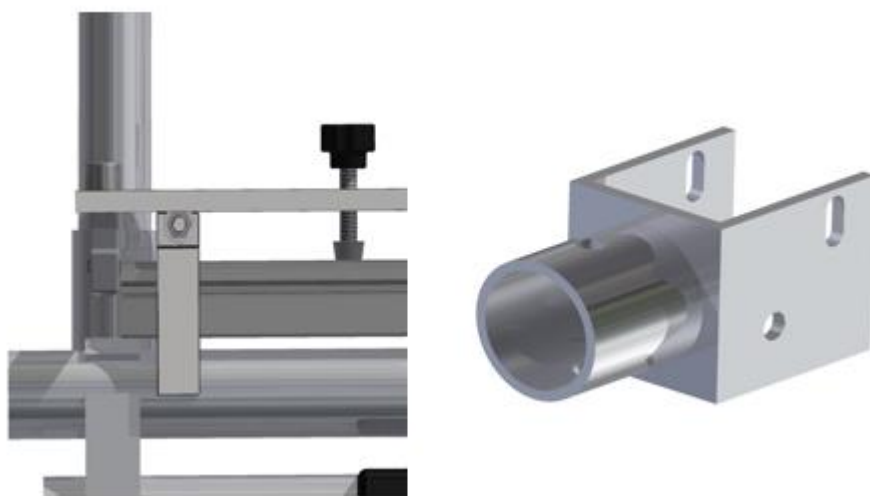
<<http://www.imaginit.com/software/autodesk-products/inventor>>. Acesso em: 30 set. 2016.

VIDAL FILHO, Walter de B; Ávila, Rafael; Quinteros, Carlos H. Llanos; Els, Rudi Van; Queiroga, Guilherme, 2010. **“Desenvolvimento de kit para automação de cadeira de rodas convencional”**. VI Congresso Nacional de Engenharia Mecânica (CONEM 2010).

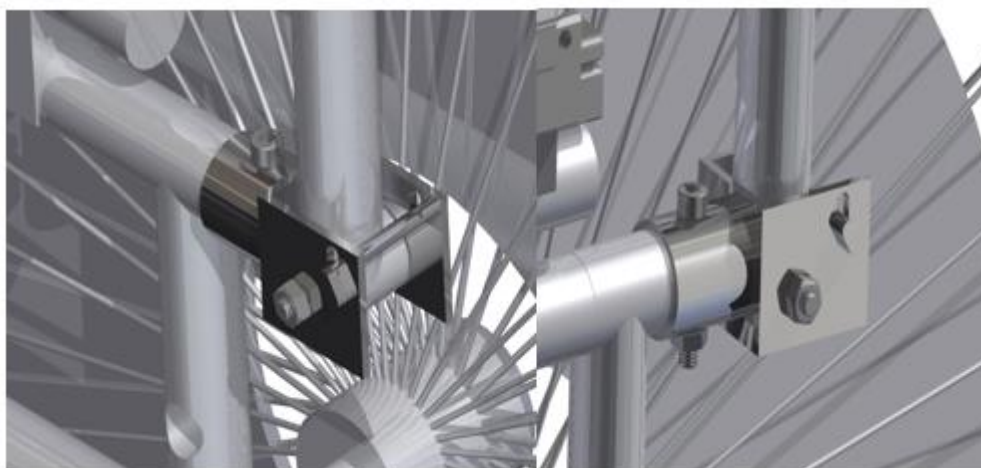
## 7. APÊNDICE



**Fonte:** Próprio autor.



**Fonte:** Próprio autor.



**Fonte:** Próprio autor.



**Fonte:** Próprio autor.