

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADEMICO DE ENGENHARIA MECÂNICA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

EULINO ANTENOR SILVEIRA CASSOL

**PROJETO DE UMA UNIDADE DE TRAÇÃO PARA CADEIRAS DE RODAS
MECANOMANUAIS DESTINADO A PESSOAS COM DIFICULDADES DE
MOBILIDADE DOS MEMBROS INFERIORES**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2015

EULINO ANTENOR SILVEIRA CASSOL

**PROJETO DE UMA UNIDADE DE TRAÇÃO PARA CADEIRAS DE
RODAS MECANOMANUAIS DESTINADO A PESSOAS COM
DIFICULDADES DE MOBILIDADE DOS MEMBROS INFERIORES**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso de Engenharia Mecânica da Coordenação de Engenharia Mecânica – COEME – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Campus Pato Branco, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro.

Orientador: Prof. Dr. Gilson Adamczuk
Oliveira

PATO BRANCO

2015

TERMO DE APROVAÇÃO

O trabalho de Conclusão de Curso intitulado “**Projeto DE UMA UNIDADE DE TRAÇÃO PARA CADEIRAS DE RODAS mecanomanuais DESTINADO A PESSOAS COM DIFICULDADES DE MOBILIDADE DOS MEMBROS INFERIORES**”, realizado pelo acadêmico EULINO ANTENOR SILVEIRA CASSOL, foi considerado **APROVADO** de acordo com a ata da banca examinadora Nº _____ de 2015.

Fizeram parte da banca os professores:

Prof. Dr. Gilson Adamczuk Oliveira
DAMEC – UTFPR

Prof. Me. Robson Gonçalves Trentin
DAMEC – UTFPR

Prof. Dr. Marcelo Gonçalves Trentin.
DAELE - UTFPR

AGRADECIMENTOS

Aos meus FAMILIARES, especialmente o Sr. Antenor e D. Odete, os quais sempre me apoiaram e contribuíram de todas as formas possíveis para a minha formação.

Às pessoas, que durante a minha formação, estiveram ao meu lado me apoiando, ajudando e mostrando ser meus amigos e companheiros.

Aos meus COLEGAS DE CURSO, e agora COLEGAS DE PROFISSÃO, pelo companheirismo durante esses anos da graduação, os quais compartilharam das mesmas dificuldades, mas principalmente das mesmas alegrias.

A todos os meus PROFESSORES da graduação, pelos inúmeros conselhos e conhecimentos a mim transmitidos, dando-me assim condições para que eu viesse a me tornar um bom profissional. Em especial gostaria de agradecer ao Prof. Me. Diego Rizzotto Rossetto que me auxiliou na etapa de simulação.

Ao meu ORIENTADOR, Prof. Dr. Gilson Adamczuk Oliveira, pela amizade, disposição, dedicação e paciência na orientação desse trabalho. Aos demais MEMBROS DA BANCA, Prof. Me. Robson Gonçalves Trentin e Prof. Dr. Marcelo Gonçalves Trentin.

E finalmente a DEUS, pela dádiva da vida, abençoando-me com saúde, iluminando o meu caminho e guiando-me sempre para o bem.

A todos, meu RECONHECIMENTO e PROFUNDA GRATIDÃO!

RESUMO

SILVEIRA, Eulino. Desenvolvimento de um protótipo de unidade de tração para cadeiras de rodas mecanomanuais destinado a pessoas com dificuldades de mobilidade. 2015. 112 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2015.

Este trabalho apresenta o resultado do estudo realizado sobre a proposta de motorização de cadeiras de rodas mecanomanuais, visando auxiliar o deslocamento do cadeirante em ambientes externos, mantendo a mobilidade que a cadeira de rodas manual dispõe nos ambientes internos com pouco espaço. Foi adotado uma metodologia de desenvolvimento de produto com finalidade de sequenciar e organizar o trabalho, metodologia tal que se divide em seis grandes etapas: planejamento de projeto, projeto informacional, projeto conceitual, projeto detalhado, preparação da produção e lançamento do produto. Entre as etapas mencionadas, foram desenvolvidos os projetos informacional, conceitual e detalhado. Com base num grupo focal obteve-se a duas concepções de distintas propostas de protótipos. Foram realizadas simulações para compreensão e análise dos esforços e cargas na estrutura.

Palavras-chave: Motorização. Cadeiras de rodas. Mobilidade. Desenvolvimento de projeto. Simulação.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Formulação e cálculo do problema	19
Figura 2 – Câmbor negativo x Câmbor positivo	25
Figura 3 – Esquemas dos requisitos de um	26
Figura 4 – Estrutura básica de um motor de corrente continua.....	28
Figura 5 – Princípio de funcionamento do motor	29
Figura 6 – Forças presente em um sistema plano inclinado	31
Figura 7 – (a) CG do protótipo dentro da base, (b) CG próximo ao limite da base, (c) CG fora da base	31
Figura 8 – Representação esquemática da localização do centro de gravidade ideal para triciclos	32
Figura 9 – Representação das forças atuante no centro de massa	33
Figura 10 – Representação da linha de capotamento e da altura do centro.....	33
Figura 11 – Etapas e sub-etapas do PDP	34
Figura 12 – Formulação e cálculo do problema	35
Figura 13 – <i>E-Handbike</i>	45
Figura 14 – <i>Firefly</i>	46
Figura 15 – <i>Trail rider power wheel</i>	47
Figura 16 – <i>Crossway</i> acoplada à cadeira.....	48
Figura 17 – <i>Electro drive free lipo</i>	49
Figura 18 – <i>electro driver lipo lomo</i>	50
Figura 19 – <i>Viper Power Cycle hand cycle</i>	51
Figura 20 – <i>WS liberty</i>	52
Figura 21 – Ciclo de vida segundo a evolução das vendas do produto.....	53
Figura 22 – Representação esquemática da função global.....	62
Figura 23- Desdobramento da função global.....	62
Figura 24 – Concepção de montagem com motorização na dianteira da cadeira.....	66
Figura 25 – Concepção de montagem com motorização nas rodas da cadeira.....	66

Figura 26 – Dimensões máximas do protótipo	68
Figura 27 – Proposta de estética do protótipo	69
Figura 28 – Abraçadeira e pinos de ancoragem.....	74
Figura 29 – Abraçadeiras fixadas na cadeira	74
Figura 30 – Engate do braço inferior.....	75
Figura 31 – Engate do braço superior	76
Figura 32 – Estrutura de ancoragem	77
Figura 33 – Conjunto de motorização.....	77
Figura 34 – Mecanismo ancoragem por interferência.....	78
Figura 35 – Centro de gravidade do conjunto completo	80
Figura 36 – Centro de gravidade do usuário de 90 kg e a cadeira	80
Figura 37 – Centro de gravidade da cadeira de rodas	81
Figura 38 – Cadeira de rodas com a unidade de tração.....	81
Figura 39 – Representação simplificada do triciclo com a localização ideal do centro de massa	82
Figura 40 – Representação simplificada do triciclo com a localização real do centro de massa.....	83
Figura 41 – Representação das forças atuantes sobre o CG, dimensões em milímetros	84
Figura 42 – (a) conjunto com todos os componentes; (b) estrutura tratada para simulação	87
Figura 43 – Estrutura tipo casca.....	88
Figura 44 – Estrutura no ambiente ANSYS®	88
Figura 45 – Estrutura para simulação com os <i>Fixed Support</i>	89
Figura 46 – Estrutura com o ponto de massa já localizado.....	90
Figura 47 – Ponte de massa unido na estrutura através do <i>remote point</i>	91
Figura 48 – Malha da estrutura.....	91
Figura 49 – Comportamento da estrutura quando aplicado uma força referente ao usuário de 90 kg	92
Figura 50 – Deformação total.....	93
Figura 51 – Maiores tensões presente na estrutura	94
Figura 52 – Maiores tensões presente na estrutura da unidade de tração.....	95

Figura 53 – Unidade de tração acoplada na cadeira de rodas.....	96
Figura 54 – Motor <i>Brushless</i>	96
Figura 55 - Freio a disco hidráulico	97
Figura 56 – Conjunto de motorização elétrico para bicicletas.....	98
Figura 57 – protótipo representa o ajuste de altura do guidão.....	98

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Metodologia de projeto	18
Quadro 2 – Módulos e funcionalidade.....	21
Quadro 4 – Busca de patentes junto ao INPI feita em 07/2014	41
Quadro 5 – Busca de patente junto ao escritório de patente americano USPTO em 07/2014.....	43
Quadro 6 – Especificações técnicas da <i>E-Handbike</i>	44
Quadro 7 – Especificações técnicas <i>Firefly</i>	45
Quadro 8 – Especificações técnicas <i>trail rider power wheel</i>	46
Quadro 9 – Especificações técnicas da <i>Crossway</i>	47
Quadro 10 – Especificações técnicas <i>Electro Drive Free Lipo</i>	48
Quadro 11 – Especificações técnicas <i>electro drive lipo lomo</i>	49
Quadro 12 – <i>Viper Power Cycle hand cycle</i>	50
Quadro 13 – Diagrama de Mudge para requisitos dos clientes.....	56
Quadro 14 - Porcentagens dos requisitos do	56
Quadro 15 – Diagrama de Mudge para requisitos do produto.....	58
Quadro 16 – Porcentagens dos requisitos do produto	58
Quadro 17 – Especificações-meta do.....	59
Quadro 18 – Matriz morfologia.....	64
Quadro 19 – Alternativa de montagem	65
Quadro 20 – Matriz decisão	71
Quadro 21 – Dados de entrada do projeto	72
Quadro 22 – Velocidades críticas referentes ao raio de curva	86
Quadro 23 – Comparativo entre metas do produto e os resultados alcançados	99
Quadro 24 – Comparativo entre os concorrentes e o protótipo	100

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Equipamentos disponíveis no laboratório de usinagem e soldagem para a construção do protótipo	37
Tabela 2 – Fornecedores de componentes e peças, e seus respectivos contatos	38
Tabela 3 – Partes da norma ABNT NBR ISSO 7176 que são referentes a construção e testes em cadeiras de rodas.....	39
Tabela 4 – Fornecedores de componentes e peças com seus respectivos contatos.....	70

Sumário

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	OBJETIVOS	13
1.1.1	Objetivo Geral	13
1.1.2	Objetivos Específicos	13
1.2	JUSTIFICATIVA	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1	DEFICIÊNCIA FÍSICA	16
2.2	PROJETO DE ENGENHARIA	17
2.2.1	Metodologia de projetos	18
2.2.2	Formulação e cálculo do problema	18
2.2.3	Ferramentas computacionais	20
2.2.4	Coeficiente de segurança	24
2.3	ÂNGULO CÂMBER	25
2.4	PROPULSÃO	26
2.4.1	Motores a combustão	26
2.4.2	Motores elétricos	27
2.5	CENTRO DE GRAVIDADE	29
3	METODOLOGIA	34
4	PROJETO INFORMACIONAL (PROJETO DE ESPECIFICAÇÕES)	36
4.1	ESCOPO DO PRODUTO	36
4.2	TECNOLOGIAS E MÉTODOS DE FABRICAÇÃO DISPONÍVEIS	37
4.3	PADRÕES E ASPECTOS LEGAIS	38
4.4	PRODUTOS CONCORRENTES E SIMILARES	40
4.4.1	Patentes	40
4.4.2	Concorrentes e similares	44
4.5	DETALHAR CICLO DE VIDA E DEFINIR CLIENTES DO PRODUTO	52

4.5.1	Refinar ciclo de vida do produto	52
4.5.2	Definição dos clientes do produto	53
4.6	IDENTIFICAR OS REQUISITOS DOS CLIENTES DO PRODUTO	53
4.6.1	Coleta das necessidades dos clientes	54
4.6.2	Agrupar e classificar as necessidades	55
4.6.3	Definir e valorar os requisitos dos clientes	55
4.6.4	Definir requisitos do produto	57
4.6.5	Definir especificações metas do produto.....	59
5	PROJETO CONCEITUAL	61
5.1	MODELO FUNCIONAL DO PRODUTO.....	61
5.1.1	Funções do produto	61
5.1.2	Função global.....	61
5.2	PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO PARA AS FUNÇÕES	62
5.2.1	Efeitos físicos	63
5.2.2	Portadores de efeitos	63
5.3	ALTERNATIVA DE SOLUÇÃO	64
5.4	ARQUITETURA	65
5.5	ANALISAR SISTEMAS, SUBSISTEMAS E COMPONENTES.....	67
5.5.1	Identificar e analisar aspectos críticos do produto	67
5.5.2	Definir parâmetros principais (forma, materiais, dimensões e capacidades).....	67
5.6	DEFINIR ERGONOMIA E ESTÉTICA DO PRODUTO.....	68
5.6.1	Ergonomia.....	68
5.6.2	Estética	68
5.7	FORNECEDORES E PARCERIAS DE CO-DESENVOLVIMENTO.....	69
5.8	SELECIONAR A CONCEPÇÃO DO PRODUTO	70
6	PROJETO DETALHADO	72
6.1	DEFINIÇÃO DO PROBLEMA	72

6.2	DECLARAÇÃO DOS DADOS	72
6.3	ELABORAÇÃO DE HIPÓTESES	73
6.3.1	Métodos de fixação da unidade de tração.....	73
6.4	DECISÕES PRELIMINARES DO PROJETO	78
6.5	CROQUIS DO PROJETO	79
6.6	MODELOS MATEMÁTICOS	82
6.6.1	Estabilidade.....	82
6.6.2	Estrutura.....	86
6.7	ANALISE E AVALIAÇÃO DE PROJETO.....	93
6.7.1	Estabilidade.....	93
6.7.2	Estrutura.....	94
6.8	DOCUMENTAÇÃO	95
7	CONCLUSÃO.....	99
	REFERÊNCIAS.....	101
	APÊNDICES	105

1 INTRODUÇÃO

Necessidades especiais são incapacidades do indivíduo de realizar suas próprias atividades, fazendo com que o mesmo se torne dependente de um terceiro.

Segundo dados do último censo realizado em 2010 com os resultados divulgados em 2012, 45,6 milhões de pessoas apresentavam algum tipo de deficiência, que representa um total de 23,9% de deficientes no Brasil, dos quais 7% apresenta alguma deficiência motora e 2,33% deficiência motora severa (IBGE, 2012).

A crescente conscientização referente as dificuldades enfrentadas pelos portadores de necessidades especiais (PNES) estimula cada vez mais estudos para desenvolvimento de ferramentas e equipamento, visando suprir as necessidades e proporcionar uma melhor qualidade de vida a essas pessoas.

Diante disso, para proporcionar uma melhor qualidade de vida e maior independência aos PNES, desenvolveu-se o projeto de motorização de cadeiras de rodas mecanomaneuais. O equipamento destina-se ao uso em ambientes externos quando houver necessidade de deslocamento por distâncias maiores.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Desenvolver o projeto de um protótipo trator de fácil acoplamento para cadeira de rodas mecanomaneual, com a finalidade de auxiliar na locomoção de portadores de necessidades especiais (que possuam mobilidade dos membros superiores), em ambientes externos.

1.1.2 Objetivos Específicos

- 1) Elaboração do projeto informacional, conceitual e detalhado;
- 2) Realizar um estudo com os possíveis futuros usuários e profissionais da área, com finalidade de identificar as necessidades e requisitos;
- 3) Analisar as patentes existentes para adequação do projeto e efetuar o pedido de patente;
- 4) Projetar componentes e configuração da estrutura que melhor se adeque para com as necessidades;
- 5) Realizar análise dos esforços na estrutura, por método de elementos finitos (FEA);

1.2 JUSTIFICATIVA

Segundo as diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia, no seu Art 5º, § 2º Deverão também ser estimuladas atividades complementares, tais como trabalhos de iniciação científica, projetos multidisciplinares, visitas técnicas, trabalhos em equipe, desenvolvimento de protótipos, monitorias, participação em empresas juniores e outras atividades empreendedoras. O tema específico desta proposta é a acessibilidade, tendo como foco principal proporcionar agilidade e praticidade no deslocamento de portadores de necessidades especiais (PNES), quando os mesmos necessitarem se deslocar por percursos longos.

Já existem no Mercado produtos semelhantes ao protótipo proposto, mas com custo relativamente alto. Outros fatores que também dificultam a aquisição desses equipamentos são as taxas de importação e tramites aduaneiros, uma vez que no estudo realizado sobre esses equipamentos não foi encontrado fornecedor no território nacional. A realização desse trabalho permitirá o acesso de pessoas menos favorecidas financeiramente, a unidade de tração.

A escolha do tema do projeto deve-se ao fato que, em paralelo à graduação está sendo desenvolvida uma pesquisa de iniciação tecnológica junto ao núcleo de tecnologia assistiva do sudoeste do Paraná (NTA/SPR), o qual se

encontra em forma nascente, e para se consolidar, necessita adquirir um registro de patente, que é um dos objetivos desse projeto.

Este projeto engloba potencialmente várias subáreas do conhecimento pertencentes à engenharia mecânica, relevantes para a formação do acadêmico, a citar: metodologia de projeto, elementos de máquinas, eletrotécnica, projeto de componentes mecânicos, análise dinâmica de mecanismos, seleção e ciência dos materiais, desenho técnico e detalhamento de projetos, assim como técnicas de fabricação, como conformação de materiais, usinagem, soldagem e ética (GRIGOLO, 2013).

Considerando as habilidades gerenciais que o futuro engenheiro precisa ter para enfrentar o mercado de trabalho, cita-se: gestão de tempos e cronograma de atividades, sistema organizacional de projetos, busca de opções para resolução de problemas, engenharia reversa, entre outros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 DEFICIÊNCIA FÍSICA

O ministério do trabalho e emprego define deficiência física como,

Alteração completa ou parcial de um ou mais segmentos do corpo humano, acarretando o comprometimento da função física, apresentando-se sob a forma de paraplegia, paraparesia, monoplegia, monoparesia, tetraplegia, tetraparesia, triplegia, triparesia, hemiplegia, hemiparesia, ostomia, amputação ou ausência de membro, paralisia cerebral, nanismo, membros com deformidade congênita ou adquirida, exceto as deformidades estéticas e as que não produzam dificuldades para o desempenho de funções (Decreto nº 5.296/04, ART. 5º, §1º, I, "a", c/c Decreto nº 3.298/99, ART. 4º, I).

Essas limitações podem ser determinadas da seguinte forma:

- Amputação - perda total ou parcial de um determinado membro ou segmento de membro;
- Paraplegia - perda total das funções motoras dos membros inferiores;
- Paraparesia - perda parcial das funções motoras dos membros inferiores;
- Monoplegia - perda total das funções motoras de um só membro (inferior ou superior);
- Monoparesia - perda parcial das funções motoras de um só membro (inferior ou superior);
- Tetraplegia - perda total das funções motoras dos membros inferiores e superiores;
- Tetraparesia - perda parcial das funções motoras dos membros inferiores e superiores;
- Triplegia - perda total das funções motoras em três membros;
- Triparesia - perda parcial das funções motoras em três membros;
- Hemiplegia - perda total das funções motoras de um hemisfério do corpo (direito ou esquerdo);
- Hemiparesia - perda parcial das funções motoras de um hemisfério do corpo (direito ou esquerdo);

- Ostomia - intervenção cirúrgica que cria um ostoma (abertura, ostio) na parede abdominal para adaptação de bolsa de fezes e/ou urina; processo cirúrgico que visa à construção de um caminho alternativo e novo na eliminação de fezes e urina para o exterior do corpo humano (colostomia: ostoma intestinal; urostomia: desvio urinário);
- Paralisia Cerebral - lesão de uma ou mais áreas do sistema nervoso CENTRAL, tendo como consequência alterações psicomotoras, podendo ou não causar deficiência mental;
- Nanismo - deficiência acentuada no crescimento. É importante ter em mente que o conceito de deficiência inclui a in capacidade relativa, parcial ou total, para o desempenho da atividade dentro do padrão considerado normal para o ser humano. Esclarecemos que a pessoa com deficiência pode desenvolver atividades laborais desde que tenha condições e apoios adequados às suas características. Paralisia cerebral: lesão de uma ou mais áreas do sistema nervoso central, tendo como consequência alterações psicomotoras, podendo ou não causar deficiência mental.

O equipamento em questão visa auxiliar as pessoas que apresentem as seguintes limitações: amputação de membros inferiores, paraplegia, paraparesia e monoparesia inferior. Visto que é necessário a mobilidade nos membros superiores para realizar o acoplamento e desacoplamento da unidade de tração.

2.2 PROJETO DE ENGENHARIA

Projeto de engenharia pode ser definido como sendo o processo de aplicação das várias técnicas e princípios científicos com o intuito de definir um dispositivo, um método ou um sistema suficientemente pormenorizado para permitir sua realização. Uma área muito importante de projeto de engenharia é o projeto de máquinas, o qual trata da criação de uma máquina que funcione bem, com segurança e confiabilidade (NORTON, 2004).

2.2.1 Metodologia de projetos

A metodologia de projeto é essencialmente um exercício de criatividade aplicada. As metodologias de projetos foram estabelecidas para ajudar a enfrentar problemas não-estruturados, caso onde a definição do problema é vaga e existem muitas soluções possíveis. O Quadro 1 apresenta uma versão de metodologia (NORTON, 2004).

Etapas	Ações
1 Identificação da necessidade	Exposição mal definida e vaga do problema.
2 Pesquisa de suporte	Definir e compreender completamente o problema.
3 Definição de objetivos	Estabelecer o objetivo de forma razoável e realista.
4 Especificações de tarefas	Criar um conjunto de ações que fecham o problema e limitam seu alcance.
5 Síntese	Buscar todas alternativas possíveis de projetos.
6 Análise	Análise das possíveis soluções da etapa anterior.
7 Seleção	Seleção da solução mais promissora.
8 Projeto detalhado	Elaboração dos croquis de engenharia, identificação dos fornecedores, especificação de fabricação, etc.
9 Protótipo e teste	Construção real do projeto.
10 Produção	Construção em quantidade

Quadro 1 – Metodologia de projeto

Fonte: Adaptado Norton (2004).

2.2.2 Formulação e cálculo do problema

A Figura 1 mostra um procedimento sugerido para os projetistas, esse procedimento relaciona subtarefas que estão presente na maioria nos problemas dos projetos de máquinas. Essas etapas devem ser documentadas e arquivadas de uma forma que mantenha sua ordem cronológicas (NORTON, 2004).

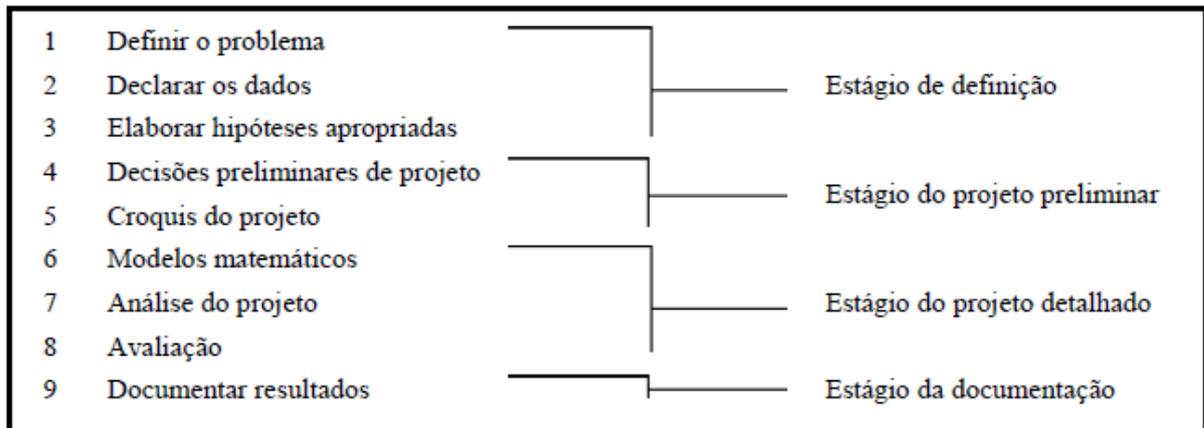


Figura 1 – Formulação e cálculo do problema
Fonte: Norton (2004).

No estágio de definição deve-se definir os problemas de forma clara e objetiva. As informações de cada tarefa deverão ser claramente acompanhadas pelo registro de hipótese de soluções elaborada pelo projetista. As hipóteses estendem-se sobre as informações conhecidas para assim delimitar o problema (NORTON, 2004).

No estágio preliminar as primeiras decisões são tomadas para se prosseguir com o projeto. As razões e justificativas dessas decisões devem ser documentadas. Conforme o projeto vai se desenvolvendo essas decisões podem ser alteradas ou até mesmo abandonadas conforme se faz iteração do processo de projeto. A ideia conceito do projeto preliminar deve ser documentada com croquis de projeto, de uma forma que possibilite a leitura e interpretação de um outro engenheiro ou o próprio projetista tempos depois (NORTON, 2004).

Como no estágio de projeto detalhado, já está definido um rumo para o projeto, há a possibilidade de criar modelos matemáticos de engenharia do componente ou sistema, e assim analisar os esforços gerado por forças, torques e momentos, através do diagrama de corpo livre (NORTON, 2004).

Então é feita a análise do projeto utilizando esses modelos, assim a segurança ou falha de projeto é determinada. Os resultados são avaliados e combinados com as propriedades dos materiais de engenharia escolhido; caso as decisões anteriores não tenham sido coerentes, agora é o momento de promover iterações para encontrar uma solução para o projeto (NORTON, 2004).

Após realizar as iterações necessárias para atingir um resultado satisfatório a documentação do projeto deverá ser completada na forma de desenhos de engenharia detalhados, especificações de materiais e fabricação. Por

isso é muito importante uma abordagem apropriada e organizada pro processo de projetar (NORTON, 2004).

2.2.3 Ferramentas computacionais

Com a introdução dos computadores em projetos de engenharia foi possível obter respostas para problemas antes praticamente insolúveis devido à alta demanda computacional, a solução destes problemas é feita em minutos com microcomputadores de baixo custo, soluções que antes eram tediosas e demandavam muito tempo de cálculos e apresentavam em alguns casos baixa precisão. Mas o método convencional não é totalmente descartável, para efetuar a entrada e leitura dos dados é necessário o pensamento humano e compreensão dos métodos mais arcaicos. Em certos casos onde existem poucas variáveis e não requer um elevado grau de precisão o método não computacional disponibiliza uma previa dos resultados em menor tempo (NORTON, 2004).

Na área de projeto e produção auxiliada por computador, conhecida em inglês por CAD/CAM (“*Computer Aided Desing/Computer Aided Manufacturing*”), a computação gráfica permite a criação, representação e análise de modelos em fase de projeto, possibilitando visualizar e experimentar soluções ainda não realizadas fisicamente (GOMES e VELHO, 2008). Entre os programas mais utilizados estão *SolidWorks*®, *ANSYS*® e *MATLAB*®, são os mais conhecidos para desenvolvimento de projetos mecânicos.

2.2.3.1 *SolidWorks*®

O *SolidWorks*® é uma ferramenta de CAD que funciona nos sistemas operacionais Windows (BOCCHESI, 2008). A sua estreia foi em 1993, disputando espaço no mercado com outros *softwares* como *Pro/ENGINEER*, *Autodesk Mechanical Desktop*, entre outros programas da época. O *SolidWorks*® é um programa CAD 3D baseado em *feature*, histórico, associativo e paramétrico.

Segundo Lombard (2010), no *SolidWorks*® constrói-se sólidos partindo de esboços 2D e *features*, como extrusão, revolução, filetes, entre outros. Um outro recurso importante é a montagem, possibilitando a pré-visualização de um conjunto antes da fabricação.

Segundo Vianna (2006), o *SolidWorks*® apresenta três módulos básicos: modelagem 3D, montagem e desenho 2D. Cada um deles tem diferentes funções, comandos e possibilidades, e gera tipos de arquivos diferentes. Suas principais funcionalidades são descritas no Quadro 2.

Modulo	Funcionalidade
Modelagem 3D	Desenhar perfil; Adicionar características às peças; Criar planos e eixos de referências; Adicionar restrições geométricas; Criar configurações de peças; Criar tabelas de projeto; Criar equações; Verificar propriedades de seção e de materiais.
Montagem	Inserir componentes na montagem; Inserir "sub-assembly"; Criar configurações; Criar características de montagem; Editar peças; Segurar/mover/saltar peças; Rotacionar peças em torno de um ponto; Esconder/ exibir peças; Suprimir/ liberar peças; Adicionar restrições; Adicionar sequência de restrições; Verificar propriedades geométricas; Verificar interseções; Criar vistas explodidas.
Desenho (<i>Drawing</i>)	Editar formato de folha; Criar formatos de folha customizados; Inserir novos desenhos; Preparar novos desenhos utilizando padrões; Editar desenhos; Inserir nomes, seções, detalhes, cortes e vistas auxiliares; Importar dimensões do modelo; Movendo e apagando dimensões.

Quadro 2 – Módulos e funcionalidade

Fonte: Adaptado Silva (2010).

As características de modelagem e montagem de componentes em 3 dimensões, facilitam a visualização e entendimento do produto, peça ou estrutura. Essa forma de apresentar o esboço proporciona maior clareza para identificação e

correção de possíveis erros do projeto, ainda na fase de desenvolvimento. Para o projeto da unidade de tração o *software* auxiliara na visualização da estrutura e mecanismo de acoplagem da cadeira à unidade. A função de determinar centro de gravidade também será muito utilizada no projeto.

A visualização geométrica é a função chave do programa. Os elementos de visualização 3D são mais do que vistas de sólidos ou superfícies acabadas. É a capacidade de observar a parte interna e externa do componente ao mesmo tempo utilizando seções, transparência, *wireframe*, entre outras ferramentas. Há possibilidade também de realizar uma montagem visualizando componentes em *wireframe* enquanto outros são transparentes ou opacos. Outro recurso muito utilizado é a criação de vistas de seções em peças ou montagens para visualização de detalhes internos (LOMBARD, 2010).

2.2.3.2 ANSYS®

O *software* ANSYS® permite ao projetista prever com confiança como seus produtos irão se comportar mediante os esforços do mundo real, tudo isso antes da fabricação do protótipo. O *software* analisa união de componentes mesmo com materiais distintos, utilizando modelagem e análise de elementos finitos.

A utilização proporciona ao projetista o conforto de saber onde estão concentrados os esforços, havendo a possibilidade de realizar intervenções para melhoramento das propriedades da região onde está sendo mais solicitada.

As características do ANSYS® que mais se destacam para a utilização no desenvolvimento do projeto, são a capacidade e a qualidade das informações que o mesmo proporciona nas simulações. Apresentando claramente pontos da estrutura onde se concentram os esforços, possibilitando ações corretivas durante a etapa de desenvolvimento de projeto.

2.2.3.3 *MATLAB*®

O *Matrix Laboratory (MATLAB*®) é um programa para desenvolvimento e implementação de algoritmos numéricos ou simbólicos que oferece ao usuário um ambiente interativo de programação para estudo e pesquisa nas diversas áreas das ciências exatas. O *software* Integra análise numérica, cálculo com matrizes, processamento de sinais e construção de gráficos em ambiente fácil de usar onde problemas e soluções são expressos somente como eles são escritos matematicamente (ALVES; MARRA; NERYS, 2007).

O *MATLAB*® é um Sistema interativo cujo elemento básico de informação é uma matriz que não requer dimensionamento. Esse sistema permite resolver muitos problemas numéricos em um tempo muito menor de implementação, para escrever um programa similar em linguagem Fortran, *Basic* ou C (ALVES; MARRA; NERYS, 2007).

Este *software* contempla aplicações específicas, as quais se denominam *toolboxes*, que são conjuntos de ferramentas cujo objetivo é resolver problemas de áreas específicas. Os usos típicos incluem as seguintes áreas (ALVES; MARRA; NERYS, 2007).

- Cálculos matemáticos;
- Desenvolvimento de algoritmos;
- Modelagem, simulação e confecção de protótipos;
- Análise, exploração e visualização de dados;
- Gráficos científicos e de engenharia.

Com a modelagem correta no *MATLAB*® há a possibilidade de simular o comportamento do protótipo em distintas situações, por exemplo a autonomia em superfícies com diferentes graus de inclinação, ou determinar a inclinação máxima que o equipamento tem capacidade de transitar sem patinar ou travar o motor por excesso de carga. Com a modelagem correta pode-se alterar os parâmetros tipo: carga da bateria, peso do usuário, peso do equipamento, dimensões dos pneus, etc., isso possibilita uma análise para determinar a melhor configuração do conjunto.

2.2.4 Coeficiente de segurança

Coeficiente de segurança também é chamado de fator de segurança. É a razão entre duas grandezas de mesma unidade com (resistência)/(tensão atuante) ou (máximo número de ciclos)/(número de ciclos solicitado), assim todo coeficiente de segurança é um valor adimensional (NORTON, 2004).

Adotar um coeficiente de segurança é quase sempre uma tarefa delicada para o projetista sem experiência. O coeficiente de segurança pode ser interpretado como uma medida de incerteza do projetista quanto aos modelos analíticos e teorias de falhas (NORTON, 2004). Quanto maior o fator de segurança que quase sempre é representado pela letra N , maior a confiabilidade de que o componente não vai falhar, mas por outro lado há um acréscimo de material tornando o componente mais caro e aumentando sua massa. No caso de um elevado aumento de massa, isso pode ter um efeito negativo na vida do componente. Uma decisão assertiva é determinar os maiores esforços que o componente pode sofrer, inclusive sobre cargas esperadas em serviço e menores resistências esperadas do material, lembrando que a resistência pode ser afetada por fatores construtivos. Com base a esses valores o projetista pode determinar fator de segurança razoável de incerteza.

Para a determinação correta, o fator de segurança deve se adequar nos três aspectos de engenharia: a) o técnico, que é uma razão da resistência do material e os esforços presente no componente, quanto maior essa razão mais seguro é o componente no aspecto técnico; b) o legal, para determinados componentes existem normas de determinam valores mínimos vigentes e, c) o mercado, aumentar muito o fator de segurança implica em aumentar o custo do componente devido aumento de massa ou a utilização de matérias nobres (AOKI, 2010).

Os fatores de segurança são relacionados pelo tipo de equipamento. Para o projeto em questão adotou-se um coeficiente igual ou maior que 6, isso implica que a estrutura deve suportar 6 vezes mais que o maior esforço encontrado no conjunto.

2.3 ÂNGULO CÂMBER

Câmbor é o ângulo entre o plano central da roda e o plano vertical perpendicular ao solo. Esse ângulo pode ser positivo, zero ou negativo. Quando a roda apresenta inclinação para fora do veículo o ângulo é positivo, zero quando estiver coincidente com o plano perpendicular ao solo e negativo quando a roda estiver inclinada para dentro do veículo, como mostrado na Figura 2 (REIMPELL, 2001).

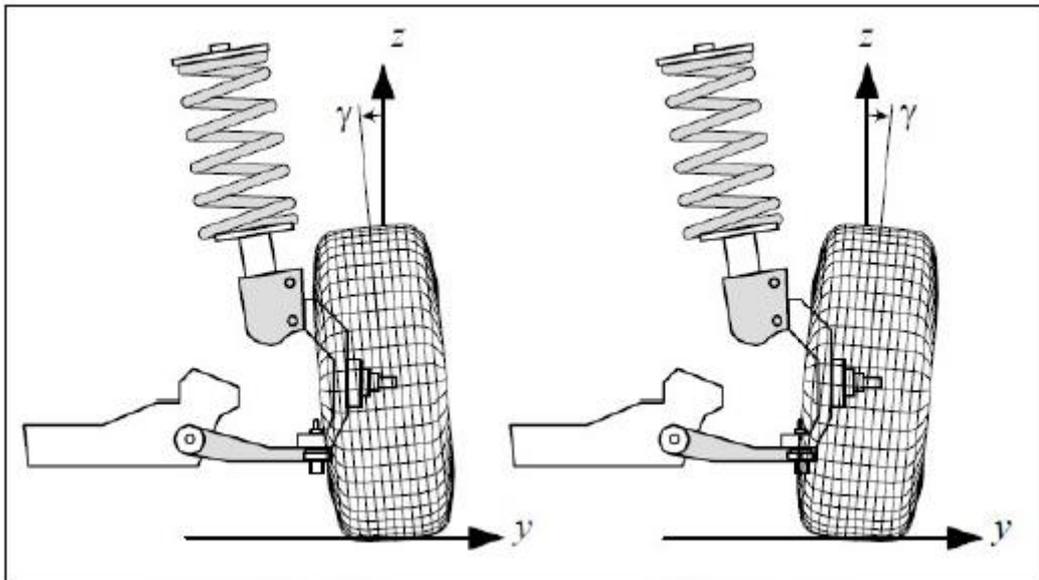


Figura 2 – Câmbor negativo x Câmbor positivo
Fonte: Jazar, Reza N. (2008).

É comum vermos cadeira de rodas destinadas à prática de esportes com ângulo câmbor bem acentuado, visando melhorar a distribuição de carga nas rodas e proporcionar melhor estabilidade e dirigibilidade, propiciando maior conforto e segurança para no usuário. Porém em cadeiras normas de uso diário, a utilização do ângulo câmbor promove um aumento na dimensão total da cadeira, isso podendo dificultar o uso em interiores quando se há necessidade de passar em portas ou obstáculos semelhantes.

2.4 PROPULSÃO

Propulsão é o processo de alterar o estado de movimento ou de repouso de um corpo em relação a um sistema de referência (INPE, 2010). Para realizar esse efeito físico deve-se introduzir uma forçar no sistema. Na maioria das vezes essa força é proporcionada por maquinas rotativas denominada motores.

Os motores podem ser divididos em dois grandes grupos a combustão e elétrico.

2.4.1 Motores a combustão

Motor é uma máquina que converte uma forma de energia em trabalho mecânica. O motor a combustão transforma a energia térmica proveniente da queima de algum combustível, em trabalho mecânico (energia mecânica).

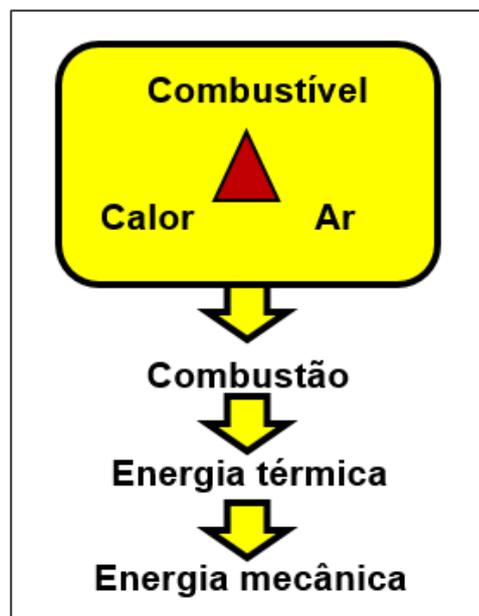


Figura 3 – Esquemas dos requisitos de um motor a combustão
Fonte: Autoria própria.

Nos motores de combustão interna o combustível é queimado internamente em um espaço denominado câmara de combustão (cilindro). A queima sequenciada promove um deslocamento alternativo no pistão dentro do cilindro e o mecanismo biela manivela transforma o movimento alternativo em rotativo.

Motores de combustão interna apresentam baixo rendimento, devido à elevada quantidade de perdas, seja por calor, ou por mecanismos internos, porém, mesmo com suas desvantagens, este motor é o mais utilizado em veículos automotores (ULSENHEIMER, 2014). O ruído e os gases residuais da combustão também são desvantagens presentes nesses motores.

A utilização deste tipo de motor apresenta boa autonomia porem a questão de ruído e gases resultante da combustão inviabilizam o emprego do mesmo em ambientes fechados. Também a questão da vibração pode incomodar o usuário da cadeira de rodas.

2.4.2 Motores elétricos

Motor elétrico é uma máquina destinada a converter energia elétrica em energia mecânica. O funcionamento dos motores elétricos está baseado nos princípios do eletromagnetismo, quando uma corrente percorre um condutor imerso a um campo magnético surge uma força perpendicular ao condutor que tende a move-lo (FRANÇA, 2001). Ao substituir o simples condutor por uma bobina, as forças geradas pelo campo magnético se intensificam e assim podendo girar o rotor. Os motores elétricos podem ser divididos em dois grandes grupos maquinas de corrente alternada CA e corrente continua CC.

O motor de corrente continua converte energia elétrica em mecânica, como qualquer motor elétrico, mas para isso deve ser alimentado com corrente continua que podem ser provenientes de pilhas e baterias no caso de motores pequenos, ou de uma rede alternada após ser retificada no caso de motores maiores (FRANÇA, 2001).

Os componentes principais de um motor de corrente continua são:

- Estator que contém um enrolamento (chamado campo) que é alimentado diretamente por uma fonte de corrente contínua, o estator também pode ser constituído por um simples imã;
- Rotor que contém um enrolamento (chamado armadura) que é alimentado por uma fonte de corrente contínua através do comutador;
- Comutador é um dispositivo mecânico no qual estão conectadas as espiras da armadura, e cujo papel é inverter o sentido da corrente que circula na armadura e assim excitar a rotação do rotor.

A Figura 4 mostra a estrutura básica de um motor de corrente contínua elementar com imã permanente no estator.

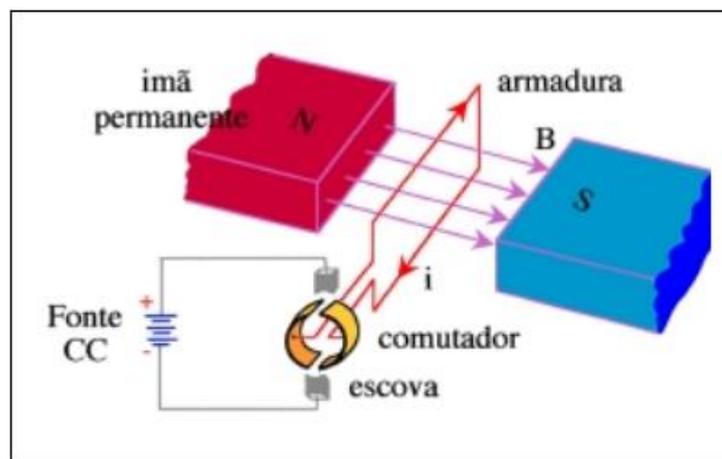


Figura 4 – Estrutura básica de um motor de corrente contínua
Fonte: França (2001).

Os motores de corrente contínua que possuem comutadores e escovas apresentam uma maior necessidade de manutenção devido a arcos, faíscas e ao atrito no ponto de contato. Para evitar essa manutenção indesejada faz-se uso dos motores sem escovas denominados *brushless*.

Brushless são os motores sem escovas com ímãs permanentes no rotor, essas máquinas apresentam melhor desempenho, eficiência superior e outras vantagens em relação aos motores de corrente contínua com comutadores (TRINDADE, 2009).

A estrutura e funcionamento dos motores *brushless* podem ser representados pela Figura 5.

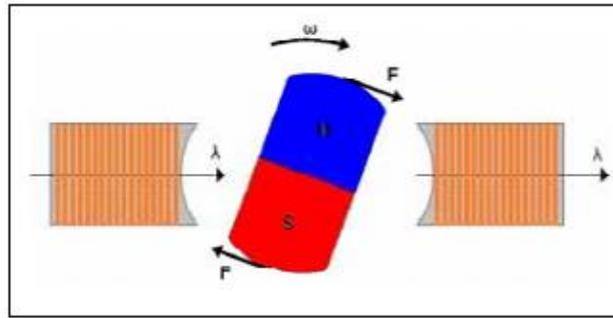


Figura 5 – Princípio de funcionamento do motor *brushless*

Fonte: Andrade & Siqueira, 2008.

O ímã permanente é responsável pelo campo magnético principal da máquina. O funcionamento deste motor é compreendido a partir do princípio da tendência dos alinhamentos dos campos magnéticos, o fluxo magnético gerado pelo ímã permanente reage com o fluxo criado pelas correntes do estator resultando em um conjugado eletromagnético, o qual age na máquina alinhando esses dois campos (ANDRADE; SIQUEIRA, 2008). Quando ocorre o alinhamento há a necessidade de inversão do sentido da corrente para que ocorra um novo alinhamento e assim sucessivamente promover a rotação no componente girante do motor (ALVES, 2011). Devido a essa necessidade de inversão do sentido da corrente todo motor *brushless* necessita de um circuito eletrônico de chaveamento para tal feito.

Para o projeto os motores elétricos apresentam melhores características nas questões de ruído, vibração e poluição. Entre os elétricos os motores *brushless* são os mais indicados, devido a sua forma construtiva demandando pouca manutenção e melhor rendimento quando comparados a motores com escovas. Será utilizado um conjunto de motorização (controle, bateria, motor e acionadores).

2.5 CENTRO DE GRAVIDADE

O centro de gravidade (CG) ou centro de massa é um ponto no qual se localiza o peso resultante de um corpo ou um sistema (HIBBELER, 2005).

Segundo Hibbeler (2008), um corpo rígido é composto de um infinito número de partículas. Utilizando o princípio, de que a soma dos momentos dos pesos de todos os pontos materiais em relação aos eixos x , y , z é então igual ao momento do peso resultante em relação a esses eixos. Logo deve-se somar os momentos em relação ao eixo y para determinar a coordenada “ x -barra” de CG. O mesmo princípio pode ser utilizado para as partículas do corpo, com isso torna-se necessário usar uma operação de integração, em vez da natureza discreta de um somatório de termos. Considerando a partícula arbitrária localizada em “ (x, y, z) -barra”, com peso dW . As equações resultantes (1), (2) e (3) podem ser expressas da seguinte maneira:

$$\bar{x} = \frac{\int \tilde{x} dW}{\int dW} \quad (1)$$

$$\bar{y} = \frac{\int \tilde{y} dW}{\int dW} \quad (2)$$

$$\bar{z} = \frac{\int \tilde{z} dW}{\int dW} \quad (3)$$

A determinação do centro de gravidade é de grande importância no projeto de engenharia, principalmente para projetos dinâmicos (máquinas e mecanismos). A posição exata do ponto permite ao engenheiro antecipar o comportamento físico do corpo, quando o mesmo for submetido a carregamentos externos, estes sendo estáticos ou dinâmicos. Para simplificar o entendimento, considere-se um exemplo típico de Física, no qual um bloco de massa m se encontra em repouso ou em movimento sobre um plano inclinado (GRIGOLO, 2013). Situação ilustrada na Figura 6.

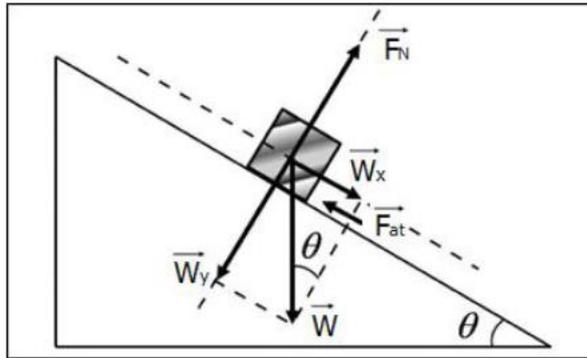


Figura 6 – Forças presente em um sistema plano inclinado
Fonte: Grigolo (2013).

O corpo estará em equilíbrio se o somatório das forças resultar em zero. Caso a resultante seja diferente de zero, para o exemplo da Figura 6, existe a possibilidade do corpo se movimentar por escorregamento ou tombamento:

O escorregamento é o ato do corpo deslizar sobre a superfície inclinada, esse movimento relativo ocorre quando o somatório de forças apresenta uma resultante não nula no eixo paralelo a superfície $W_x > F_{at}$.

O tombamento ocorre devido a posição do centro de massa com relação a sua base, existe uma regra simples na mecânica que faz a seguinte afirmação “sempre que a projeção vertical do centro de massa cair em sua base o corpo não tomba”. Com isso a determinação do ponto exato do CG é de suma importância para o desenvolvimento de um projeto. No caso da cadeira de rodas possibilita a estabelecer o ângulo máximo de inclinação de terreno que a mesma pode transitar sem apresentar risco para o usuário. A Figura 7 representa as variações do centro de gravidade com relação a sua base.

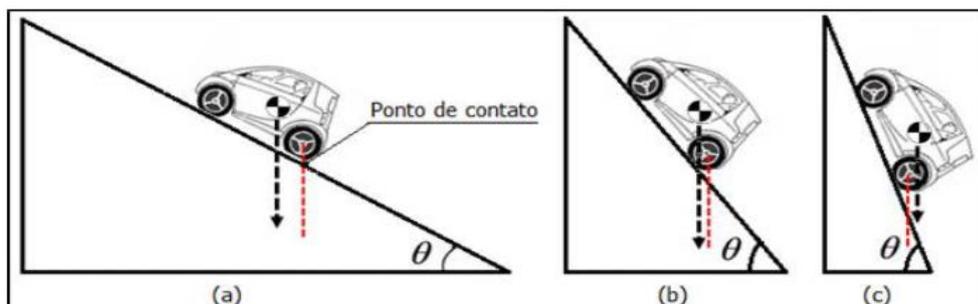


Figura 7 – (a) CG do protótipo dentro da base, (b) CG próximo ao limite da base, (c) CG fora da base
Fonte: Grigolo (2013).

Segundo Fenner (2010), para triciclos é indicado que o centro de gravidade esteja a um terço de distância do eixo com duas rodas conforme ilustrado na Figura 8. Essa configuração assegura uma distribuição por igual da carga sobre as rodas do veículo.

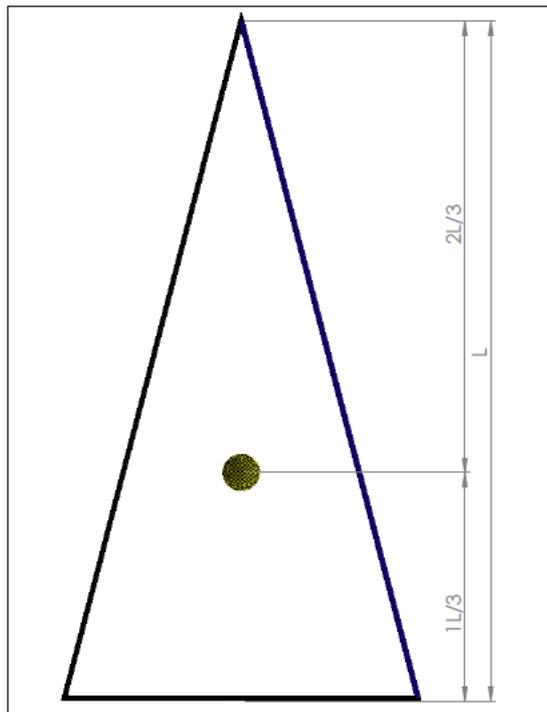


Figura 8 – Representação esquemática da localização do centro de gravidade ideal para triciclos
Fonte: Autoria própria.

Outro ponto importante no centro de gravidade é estabilidade ao capotamento. A tendência ao capotamento é provocada por uma força no sentido lateral, isso acontece em ocasiões de curvas, por exemplo se o veículo estiver numa curva para esquerda a força centrífuga exercida sobre o centro de gravidade aponta para direita, representada com o vetor de cor magenta na Figura 9, e o peso do conjunto exerce uma força descendente representada pelo vetor de cor ciano. A força de cor magenta tende a rolar o veículo a direita em torno de uma linha imaginária representada pela linha de cor azul na Figura 10, e a força peso (vetor

ciano), detém o veículo em contato com o solo a fim de evitar o capotamento. A força representada com o vetor preto é a resultante da força centrífuga e o peso.

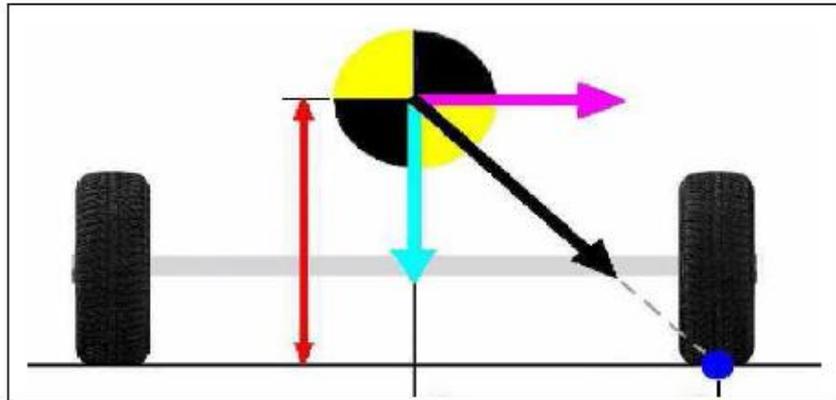


Figura 9 – Representação das forças atuante no centro de massa
Fonte: Patodi, Saxena e Rathore (2013).



Figura 10 – Representação da linha de capotamento e da altura do centro de massa
Fonte: Patodi, Saxena e Rathore (2013).

A Figura 10 facilita o entendimento da altura máxima ideal do centro de massa, a linha vermelha que representa a altura não deve ser maior que a distância entre o CG e a linha imaginária de capotamento, distância essa representada pela linha cor verde.

3 METODOLOGIA

A metodologia de projeto que será adotada para o desenvolvimento do trabalho de conclusão de curso é sugerida por Rozenfeld *et al.* (2006). Esses autores dividem o processo de desenvolvimento de produtos (PDP) em três grandes etapas: o pré-desenvolvimento, o desenvolvimento e o pós-desenvolvimento. Cada etapa é formada por outras sub-etapas conforme mostrado na Figura 11.

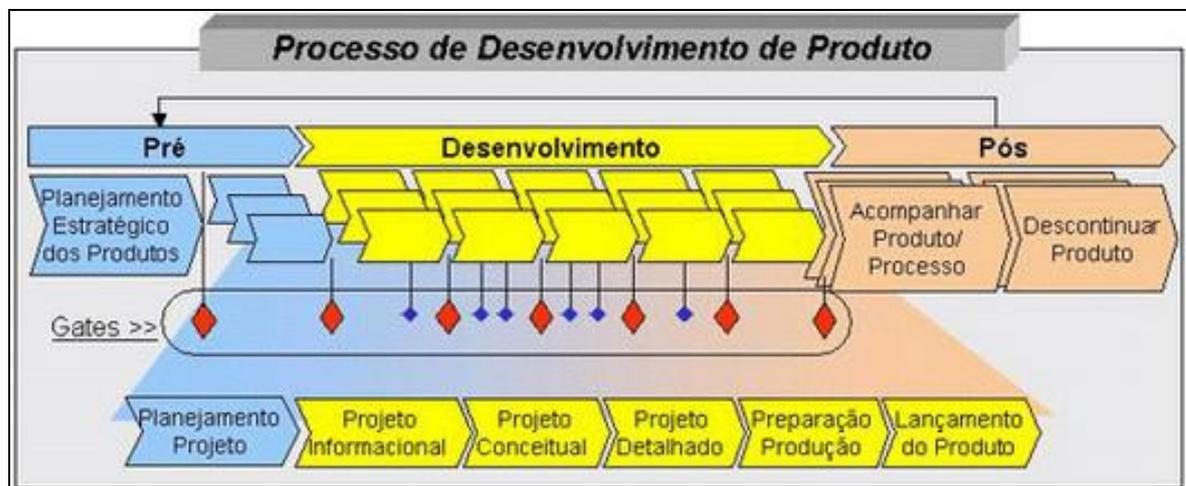


Figura 11 – Etapas e sub-etapas do PDP
Fonte: Rozenfeld *et al.* (2006).

A execução do trabalho foi limitada às três primeiras fases do desenvolvimento: Projeto Informacional (PI), Projeto Conceitual (PC) e Projeto Detalhado (PD). As etapas subsequentes do desenvolvimento, referentes à preparação de produção e lançamento do produto no mercado, assim como a etapa de pós-desenvolvimento não são abordadas nessa proposta.

No projeto informacional foi realizado um grupo focal para identificação dos requisitos dos clientes do produto e definição dos requisitos do produto, assim, definiu-se as especificações metas do produto, sempre seguindo a metodologia de Rozenfeld *et al.* (2006).

Na fase do projeto conceitual, foram desenvolvidos os princípios de solução e as alternativas de concepção do produto, com isso realizou-se uma ideia

da arquitetura do protótipo. Além disso, definiu-se os fornecedores e parceiros de co-desenvolvimento.

A terceira fase da metodologia contempla a execução do projeto detalhado. Nessa fase, iniciou-se os cálculos e dimensionamentos dos elementos que compõem o protótipo. Para verificação do comportamento da estrutura do projeto foram realizadas simulações através do método de análise de elementos finitos no *software ANSYS®*. Para execução desta fase, ao contrário das duas anteriores, não será utilizada a metodologia sugerida por Rozenfeld *et al.* (2006), mas sim, a sugerida por Norton (2013), devido que a mesma é mais indicado para projetos mecânicos. As etapas apresentadas na Figura 12.

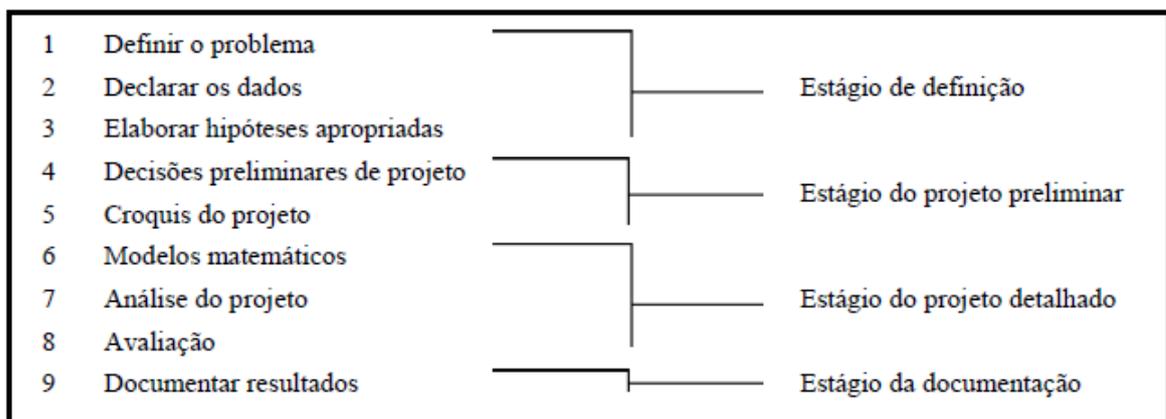


Figura 12 – Formulação e cálculo do problema
Fonte: Adaptado de Norton (2013).

Utilizou-se o *software* de engenharia *SolidWorks®* para desenhar, realizar as montagens dos componentes do conjunto e, para a determinação do centro de gravidade (CG). Para a simulação dos esforços na estrutura foi utilizado o método de elementos finitos com *software ANSYS®*.

4 PROJETO INFORMACIONAL (PROJETO DE ESPECIFICAÇÕES)

4.1 ESCOPO DO PRODUTO

Segundo informações do último censo Demográfico realizado em 2010, 13.265.599 de pessoas, cerca de 7% da população brasileira se declara com algum tipo de deficiência motora (IBGE, 2012).

A deficiência física é a alteração completa ou parcial de um ou mais segmentos do corpo humano, tendo como consequência o desempenho da função física, apresentando-se sob a forma de paraplegia, paraparesia, monoplegia, monoparesia, tetraplegia, tetraparesia, triplegia, tri paresia, hemiplegia, hemiparesia, amputação ou ausência de membro, paralisia cerebral, membros com deformidade congênita ou adquirida, exceto as deformidades estéticas e as que não produzam dificuldades para o desempenho de funções (FÁVERO, 2004).

O produto a ser desenvolvido está direcionado as pessoas com paraplegia (perda total das funções motoras dos membros inferiores) e, ou, paraparesia (perda parcial das funções motoras dos membros inferiores). Assim, os potenciais usuários devem dispor de capacidade motora nos membros superiores para conduzir o protótipo. O grande diferencial do protótipo é a motorização momentânea da cadeira devido ao acoplamento da unidade de tração.

A unidade de tração é acoplada à cadeira de rodas quando houver a necessidade do usuário se deslocar por distâncias maiores em ambientes externos, como por exemplo, dentro do *câmpus* de uma universidade ou em um passeio no parque. O mecanismo que une a unidade de tração à cadeira deve apresentar fácil manuseio, permitindo que o usuário sozinho realize o acople e desacople quando for necessário. A facilidade de manuseio está ligada ao peso do conjunto, com isso, visa-se a menor massa possível, mantendo a resistência do mecanismo.

Parte do treinamento dos PNES para utilização de cadeira de rodas está focado em situações de quedas. Por isso, o conjunto de motorização deve apresentar resistência mecânica adequada para garantir a segurança do usuário para estas situações.

4.2 TECNOLOGIAS E MÉTODOS DE FABRICAÇÃO DISPONÍVEIS

A fabricação do protótipo será realizada no *câmpus* da Universidade durante o ano de 2015. Os equipamentos disponíveis que serão utilizados estão listados na Tabela 1, e a Tabela 2 apresenta os possíveis fornecedores de componentes e peças.

Tabela 1 – Equipamentos disponíveis no laboratório de usinagem e soldagem para a construção do protótipo

Equipamento	Marca	Modelo
Torno	ROMI	Tormax 20
Fresa	ROMI	
Furadeira de bancada	KONE	Km25
Furadeira manual	BLACK DECKER	HD500
Serra fita	FRANHO	FM 500
Esmeril		
Máquina de solda	IMC	DIGIPLUS A7- 600ACi CCC
Morsa	SCHULZ	5"
Calandra de perfil		M2
Dobradeira de cano	FAREX	CTFM – 2

Fonte: Autoria própria.

Tabela 2 – Fornecedores de componentes e peças, e seus respectivos contatos

Fornecedor	Produto	Site	Contato
Pato bike	Pneus, rodas, cubos, raios, freios, garfo.		(46) 3224-4453
Kf bikes	Pneus, rodas, cubos, raios, freios, garfo.	www.kfbikes.com.br	(41) 3033-4165 contato@kfbikes.com.br
Bike moto	Kit bicicleta elétrica e bateria.	www.bikemoto.net	(17) 3016-9005 contato@bikemoto.net
Bici moto	Kit bicicleta elétrica e bateria.	www.bicimoto.com.br	(41) 4063-7241 www.bicimoto.com.br
Alcast alumínio do Brasil	Chapa de alumínio		(46) 3263-8850
Rozimbo peças	Tubos de aço Rolamentos	www.rozimbo.com.br	46 3220-2233

Fonte: A autoria própria.

4.3 PADRÕES E ASPECTOS LEGAIS

Os projetos de engenharia geralmente são realizados baseados em normas específicas de cada área, que ditam os critérios e requisitos do projeto. O objetivo de uma norma é atingir um grau especificado de segurança, eficiência e desempenho ou qualidade (SHIGLEY, MISCHKE e BUDYNAS, 2005). As normas listadas na tabela 3 são referentes a fabricação, ensaio e segurança de cadeiras de rodas.

Tabela 3 – Partes da norma ABNT NBR ISO 7176 que são referentes à construção e testes em cadeiras de rodas

Norma	Descrição
ABNT NBR ISO 7176 – 1	Parte 1: Determinação da estabilidade estática
ABNT NBR ISO 7176 - 3	Parte 3: Determinação de eficiência dos freios
ABNT NBR ISO 7176 - 7	Parte 7: Medição de dimensão de assentos e rodas
ABNT NBR ISO 7176 - 8	Parte 8: Requisitos e métodos de ensaio para força estática, de impacto e fadiga
ABNT NBR ISO 7176 – 11	Parte 11: Bonecos de ensaios
ABNT NBR ISO 7176 – 13	Parte 13: Determinação do coeficiente de atrito de superfícies de ensaio
ABNT NBR ISO 7176 - 15	Parte 15: Requisitos de divulgação de informação, documentação e identificação
ABNT NBR ISO 7176 – 22	Parte 22: Procedimentos de ajuste

Fonte: ABNT.

As principais normas respeitadas nesse projeto, estão citadas abaixo:

- (i). ABNT NBR ISO 7176-1: especifica os métodos de ensaio para determinação da estabilidade estática de reclinção das cadeiras de rodas, incluindo *scooters*. Esta parte da ABNT NBR ISO 7176 é aplicável a cadeiras de rodas e veículos que estão incluídos nas séries 12.21 descritas na ISO 9999 e pretende dar mobilidade em ambientes internos e externos para as pessoas com incapacidades cuja massa não exceda a massa máxima do boneco de ensaio dado na ABNT ISO NBR 7176-11.
- (ii). ABNT NBR ISO 7176-3: especifica métodos de ensaio para medir a eficiência dos freios das cadeiras de rodas manuais e elétricas, incluindo *scooters* individuais com velocidade máxima de 15 km/h. Também especifica os requisitos para informação sobre o produto por parte do fabricante.
- (iii). ABNT NBR ISO 7176-7: especifica um método para medir as dimensões de assentos e rodas de cadeiras de rodas.
- (iv). ABNT NBR ISO 7176-8: especifica as exigências dos requisitos de forças estática, de impacto e fadiga das cadeiras de rodas, incluindo *scooters*,

indicadas aos usuários cuja massa não exceda 100 kg. Ela especifica os métodos de ensaio para determinar se os requisitos foram encontrados, bem como os requisitos para divulgação dos resultados dos ensaios.

- (v). ABNT NBR ISO 7176-11: especifica a construção dos bonecos de ensaio com massas nominais de 25 kg, 50 kg, 75 kg e 100 kg, a fim de serem usados conforme especificado nas outras partes da ABNT NBR ISO 7176.
- (vi). ABNT NBR ISO 7176-13: especifica um método de ensaio para determinação do coeficiente de atrito de uma superfície de ensaio que tenha uma textura áspera, tal como concreto rústico. Caso o método de ensaio seja usado para superfícies lisas ou polidas, deve-se ter o cuidado de considerar que o coeficiente de atrito é medido como sendo constante em toda a área da superfície de ensaio.
- (vii). ABNT NBR ISO 7176-15: especifica a informação, documentação e identificação a serem fornecidas com a cadeira de rodas ou fornecidas pelo fabricante nas folhas de especificação de pré-venda.
- (viii). ABNT NBR ISO 7176-22: especifica um procedimento de ajuste a ser usado na preparação de cadeiras de rodas ajustáveis para ensaios de acordo com a série ABNT NBR ISO 7176. Este procedimento oferece métodos a serem usados quando não há instruções dos fabricantes para configurar os ajustes da cadeira de rodas.

4.4 PRODUTOS CONCORRENTES E SIMILARES

4.4.1 Patentes

Realizou-se uma busca de patentes junto ao instituto nacional de patentes industriais (INPI), no Quadro 4, e também *United States Patent and Trademark Office* (USPTO), no Quadro 5. As palavras-chave da pesquisa no INPI foram cadeira de rodas e motorização, e no USPTO *wheelchair* e *electric*. O estudo das patentes tem como objetivo buscar ideias e soluções para o desenvolvimento do protótipo.

Processo	Título	Análise
US 20120304807A1	Dispositivo habilitando uma cadeira de rodas elétrica a atravessar obstáculos	O equipamento é uma espécie de chassis que contém três rodas articuladas em cada lado, motorizado, quando acoplado a cadeira tem função de deslocar e transportar obstáculos tipo degraus e meio fio.
MU 9101444-1 U2	Conjunto para adaptação de cadeira-de-rodas monobloco em base motorizada	Trata-se de um dispositivo de fixação de cadeira em plataforma motorizada para cadeiras de rodas.
PI 9900689-8 B1	Cadeira de rodas elétrica com lagarta.	Trata-se de uma cadeira de rodas com motorização permanente com esteiras tipo lagarta.
PI 0404672-2 B1	Cadeira de rodas especial.	Trata-se de uma cadeira de rodas de movimentação híbrida e motorização elétrica. Própria para superfícies irregulares e inclinadas em geral e, com um joystick como entrada de comandos. Possui rodas e uma esteira.
PI 1004954-1 A2	Conjunto de motorização para cadeira de rodas e veículo auto guiado	Kit de motorização para cadeira de rodas manuais. Ao acoplar o kit na cadeira de rodas manual. As ações do equipamento são acionadas por um joystick e motores elétricos.
PI 0404089-9 A	Módulo de locomoção para motorização de veículos e cadeira de rodas manual convencional convertida em cadeira de rodas motorizada	Trata-se de um dispositivo que serve para transformar cadeiras de rodas manuais em cadeiras elétricas, auxilia na locomoção em rampas e longas distâncias. Esse dispositivo não transforma a cadeira em triciclo.
MU 8901247-0 U2	Módulo de tração para cadeira de rodas ¹	Trata-se de um triciclo que pode ser acoplado em cadeiras de rodas manuais. Tem dois sistemas de acionamento, manual e elétrico. É indicado para percorrer longas distâncias.
PI 9006900-5 B1	Roda de acionamento para cadeira e outros	Trata-se de rodas de acionamentos independentes, direcionadas para cadeiras de rodas elétricas, bicicletas elétricas, tratores elétricos, carro elétrico, etc.

Quadro 3 – Busca de patentes junto ao INPI feita em 07/2014

Fonte: Autoria própria.

Processo	Titulo	Analise
US005494126A	<i>Apparatus and method for attaching a motorized wheel to a wheelchair.</i>	Trata-se de um dispositivo com rodizio motorizado para acoplar em cadeiras de rodas manuais, auxilia na locomoção do usuário.
US006766871B2	<i>Attachment means for attaching a wheelchair to a motorized apparatus</i>	Trata-se de uma espécie de plataforma motorizada para transportar cadeiras de rodas. O usuário comanda a direção e velocidade através do guidão do dispositivo.
US005501480A	<i>Auxiliary frame for a wheelchair and wheelchair for use with an auxiliary frame</i>	Dispositivo para acoplar em cadeiras de rodas convencionais, transformando-as em bicicletas manuais. Não contem motor para auxiliar no deslocamento.
US006896079B1	<i>Convertible wheelchair and methods for making the same</i>	Dispositivo semelhante a um patinete motorizado, com adaptações para acoplar na cadeira de rodas manual. Esse dispositivo transforma a cadeira de rodas normal em uma cadeira motorizada auxiliando o deslocamento do usuário.
PN 5016720	<i>Detachable electric drive unit for collapsible wheelchair</i>	Dispositivo para motorização de cadeiras de rodas manuais. Auxilia no deslocamento em rampas e longas distâncias.
4386672	<i>Detachable electric drive unit for wheelchair</i>	Dispositivo para motorização de cadeiras de rodas manuais. Auxilia no deslocamento em rampas e longas distâncias.
US005826670A	<i>Detachable propulsive device for wheelchair</i>	Dispositivo estilo plataforma com guidão e conjunto de rodado, motorizada para acoplar em cadeira de rodas manual.
US00D444422S	<i>Electric 3-wheel wheelchair</i>	Trata-se de uma cadeira de rodas motorizada permanentemente, com três pneus, guiada por um guidão. Não há possibilidade de usa-la sem a motorização.
US005125468A	<i>Electric control for wheelchair drive unit</i>	Dispositivo para motorização de cadeiras de rodas manuais. Auxilia no deslocamento em rampas e longas distâncias.
US006095269A	<i>Electric wheelchair</i>	Trata-se de uma cadeira de rodas elétrica com três pneus, guiada por um guidão. Não há possibilidade de usa-la manual.
4824132	<i>Exercising device for use with a wheelchair</i>	Dispositivo para acoplar em cadeira de rodas manual, com objetivo de transforma-la em uma bicicleta manual. Não contem motor para auxiliar no deslocamento.
US00D5306550S	<i>Image forming apparatus with</i>	Cadeira de rodas motorizada

	<i>accessible panels for wheelchair users</i>	permanente, com 4 pneus.
US006883632B2	<i>Manual-electric wheelchair drive device</i>	Trata-se de um dispositivo para acoplar em cadeiras de rodas manuais com o objetivo de transforma-las em um triciclo elétrico, bicicleta manual elétrica. Com um motor convencional e utiliza corrente na transmissão de força.
US007306250B1	<i>Method of attaching a manually operated wheelchair to a motorized scooter</i>	Trata-se de uma plataforma motorizada para acoplar em cadeiras de rodas manuais, com um guidão no sistema de direção. O dispositivo auxilia na locomoção.
US007216728B2	<i>Motorized apparatus for towing a wheelchair</i>	Dispositivo utilizado para acoplar em cadeiras de rodas manuais, tem o objetivo transforma-las em um triciclo elétrico e assim auxiliar no deslocamento do usuário.
5050695	<i>Power attachment for wheelchair</i>	Trata-se de uma plataforma motorizada para acoplar em cadeiras de rodas manuais, com um guidão no sistema de direção. O dispositivo auxilia na locomoção.
US005651422A	<i>Universal-fit, quick-connect power drive steer attachment for wheelchair</i>	Dispositivo com motor elétrico e rodado, para acoplar em cadeiras de rodas manuais e auxiliar no deslocamento do usuário.
US005305845A	<i>Wheelchair shuttle</i>	Trata-se de um triciclo motorizado estilo plataforma, com fixadores para cadeiras de rodas. Auxilia no deslocamento.
US008434775B2	<i>Wheelchair having torsion-acting shock absorption and detachable drive train</i>	Dispositivo semelhante a um patinete motorizado, com adaptações para acoplar em cadeiras de rodas manuais, para auxiliar no deslocamento.
US008522908B1	<i>Photoelectric-activated switch for a motorized wheelchair</i>	Trata-se de uma cadeira de roda elétrica convencional com um sensor de acomodação, caso o usuário não esteja bem acomodado o sensor interrompe o circuito, impedindo a movimentação da cadeira.

Quadro 4 – Busca de patente junto ao escritório de patente americano USPTO em 07/2014
Fonte: Autoria própria.

A busca de patentes resultou em variadas ideias de arquiteturas, porém, com pouca objetividade. Com isso o foco principal da pesquisa é desenvolver um produto que não se caracterize como cópia de alguma patente.

4.4.2 Concorrentes e similares

No mercado existem poucos produtos que possuem um modelo concorrente ou similar ao proposto protótipo. Os concorrentes encontrados estão citados abaixo, as especificações técnicas estão listadas na forma de quadro, posteriormente as imagens respectivas de cada concorrente.

4.4.2.1 *E-handbike*

Informações do Fabricante	Empresa	BATEC MOBILITY
	País de Fabricação	Espanha
	Site Oficial	www.handbikes-batec.com
Elétrica	Motor	<i>Brushless</i> 400W e 36V
	Bateria	LIFEPO4 de 9Ah (sem efeito memória) com sistema de conexão automática sem cabos.
	Autonomia	25 – 30 km
	Tempo de Recarga	Ultrarrápido (4 horas)
Mecânica	Chassis	Alumínio 7005
	Roda/Pneu	Roda de Alumínio 20" x 1,35"
	Sistema de Frenagem	Freio a disco <i>Shimano</i> de 180 mm + freio <i>V-brake</i>
	Propulsão e alimentação	Elétrico com bateria de lítio
Física	Massa Total	22 kg
	Carga Máxima	90 kg
	Dimensões Máximas (1)	(650) x (900 - 1050) x (900) mm
Diferencial	Rapidez e praticidade com que se encaixa na cadeira de rodas.	
Preço	3.590,00 € (R\$ 11.505,95)	

Quadro 5 – Especificações técnicas da *E-Handbike*

Fonte: Catalogo Batec (2012).

Notas:

- Equipamento mostrado na Figura 13.
- Cotação realizada no dia 05 de dezembro de 2014.
- Taxas de importação e tramites aduaneiros não estão inclusos no valor.



Figura 13 – *E-Handbike*
Fonte: Catalogo Batec (2012).

4.4.2.2 *Firefly*

Informações do Fabricante	Empresa	ROLLICK
	País de Fabricação	Holanda
	Site Oficial	www.rollick.biz
Elétrica	Motor	<i>Brushless</i> de 220 W e 24 V
	Bateria	Lítio Polímero de 24 V e 10 Ah
	Autonomia	Não disponibilizado pelo fabricante
	Tempo de Recarga	Não disponibilizado pelo fabricante
Mecânica	Chassis	Aço liga
	Roda/Pneu	Pneu 16" x 1½"
	Sistema de Frenagem	Freio duplo V-brake
	Propulsão e alimentação	Elétrico à bateria de lítio
Física	Massa Total	12 kg + 2,4 kg provindos da bateria de lítio
	Carga Máxima	115 kg
	Dimensões Máximas	Comprimento de 1100 mm
Diferencial	Limitador de velocidade, o qual vem padronizado de fábrica para uma velocidade máxima de 10 km/h. Uma vez que o usuário já possua certa prática em dirigir o modelo, o limitador pode ser desconectado, permitindo assim uma velocidade máxima de 16 km/h. (1)	
Preço	1.950,00 € (R\$ 6.249,75)	

Quadro 6 – Especificações técnicas *Firefly*

Fonte: Manual do usuário *Rollick* (2010).

Notas:

- Equipamento mostrado na Figura 14.
- Cotação realizada no dia 05 de dezembro de 2014.
- Taxas de importação e tramites aduaneiros não estão inclusos no valor.



Figura 14 – Firefly
 Fonte: Manual do usuário Rollick.

4.4.2.3 Trail rider power wheel

Informações do Fabricante	Empresa	DA VINCI MOBILITY
	País de Fabricação	Reino Unido (Inglaterra)
	Site Oficial	www.davincimobility.com
Elétrica	Motor	Brushless de 350 W ou 500 W
	Bateria	Li-Ion 36 V e 10 Ah Padrão. Outras opções de baterias estão disponíveis sob encomenda.
	Autonomia	20 milhas (aproximadamente 32,2 km)
	Tempo de Recarga	5 horas
Mecânica	Chassis	Alumínio
	Roda/Pneu	Pneu off-road de <i>mountain bike</i> , 20"
	Sistema de Frenagem	Freio a disco e freio <i>V-brake</i>
	Propulsão e alimentação	Elétrico à bateria de lítio
Física	Massa Total	<i>Trail Rider</i> : 14Kg / Bateria: 1.5Kg
	Carga Máxima	139 kg
	Dimensões Máximas	(1070) x (920) x (230) mm
Diferencial	Capacidade de subir terrenos íngremes. Sua desvantagem é não possuir um cavalete que o mantenha em pé quando desacoplado da cadeira	
Preço	£ 2.500,00 (R\$ 8.012,50) – Modelo com motor de 350 W £ 2.995,00 (R\$ 9.598,98) – Modelo com motor de 500 W	

Quadro 7 – Especificações técnicas *trail rider power wheel*
 Fonte: Pagina oficial *Da Vinci Mobility* (2014).

Notas:

- Equipamento mostrado na Figura 15.
- Cotação realizada no dia 05 de dezembro de 2014.
- Taxas de importação e tramites aduaneiros não estão inclusos no valor.



Figura 15 – Trail rider power wheel
Fonte: Vinci Mobility (2014).

4.4.2.4 Crossway

Informações do Fabricante	Empresa	PRO ACTIV
	País de Fabricação	Alemanha
	Site Oficial	http://www.proactiv-gmbh.com/
Elétrica	Motor	SwissDrive 250-C de 150 W (19,3 Nm) / 250 W (14,9 Nm)
	Bateria	Selada de chumbo – 24 V, 12 Ah e 288 Wh
	Autonomia	Cerca de 20 km
	Tempo de Recarga	Aproximadamente 5 horas
Mecânica	Chassis	Não disponibilizado pelo fabricante
	Roda/Pneu	Rodas de 20"
	Sistema de Frenagem	Freio a disco hidráulico
	Propulsão e alimentação	Elétrico à bateria de lítio
Física	Massa Total	34,2 – 35 kg (dependendo dos opcionais)
	Carga Máxima	Até 120 kg
	Dimensões Máximas	1050 x 680 x 860 mm (dimensões da embalagem)
Diferencial	Possibilidade de acoplar duas baterias de mesma capacidade, dobrando a autonomia do modelo; limitador de velocidade (padrão de fábrica) e marcha ré de até 5 km/h.	
Preço (1) (2)	4.995,00 € (R\$ 16.008,98) – Modelo com motor de 150 W 5.850,00 € (R\$ 18.749,25) – Modelo com motor de 250 W	

Quadro 8 – Especificações técnicas da Crossway
Fonte: Manual do usuário da Pro Activ (2010).

Notas:

- Equipamento mostrado na Figura 16.
- Cotação realizada no dia 05 de dezembro de 2014.
- Taxas de importação e tramites aduaneiros não estão inclusos no valor.



Figura 16 – Crossway acoplada à cadeira
Fonte: Manual do usuário da *Pro Activ* (2010).

4.4.2.5 *Electro drive free lipo*

Informações do Fabricante	Empresa	STRICKER
	País de Fabricação	Alemanha
	Site Oficial	http://www.stricker-handbikes.de/
Elétrica	Motor	Motor cubo sem escova 250 W 36 V duas velocidades sem marcha
	Bateria	36 V 23,2 Ah lítio, 2,4 kg
	Autonomia	Cerca de 35 km (em terrenos planos)
	Tempo de Recarga	Aproximadamente 9 horas
Mecânica	Chassis	Não informado
	Roda/Pneu	Rodas de 16" ou 20"
	Sistema de Frenagem	Freio V-brakes e freio discos
	Propulsão e alimentação	Elétrico à bateria de lítio
Física	Massa Total	17 kg com bateria (somente a <i>handbike</i>)
	Carga Máxima	Até 75 kg (usuário)
	Dimensões Máximas	
Diferencial	Comando que facilita a utilização por usuários com limitação dos movimentos das mãos. Duas baterias. Cavalete que facilita o acoplamento da <i>handbike</i> . Possibilidade definir 3 velocidades máximas 6 km/h, 12 km/h, 15 km/h).	
Preço	5.169,75 € (R\$ 16.569,05)	

Quadro 9 – Especificações técnicas *Electro Drive Free Lipo*

Fonte: <http://www.stricker-handbikes.de>.

Notas:

- Equipamento mostrado na Figura 17.
- Cotação realizada no dia 05 dezembro de 2014.
- Taxas de importação e tramites aduaneiros não estão inclusos no valor.



Figura 17 – *Electro drive free lipo*
Fonte: <http://www.stricker-handbikes.de>.

4.4.2.6 Electro drive lipo lomo

Informações do Fabricante	Empresa	STRICKER
	País de Fabricação	Alemanha
	Site Oficial	http://www.stricker-handbikes.de/
Elétrica	Motor	Motor cubo sem escova 250 W 36 V duas velocidades sem marcha
	Bateria	36 V 6,75 Ah lítio
	Autonomia	Cerca de 30km (em terrenos planos)
	Tempo de Recarga	Aproximadamente 5 horas
Mecânica	Chassis	Não informado
	Roda/Pneu	Rodas de 16"
	Sistema de Frenagem	Freio <i>V-brakes</i> e freio discos
	Propulsão e alimentação	Elétrico à bateria de lítio
Física	Massa Total	15 kg com bateria (somente a <i>handbike</i>)
	Carga Máxima	Até 75 kg (usuário)
	Dimensões Máximas	Não informado
Diferencial	Cavalete que facilita o acoplamento da <i>handbike</i> . Possibilidade definir 3 velocidades máximas 6 km/h, 12 km/h, 15 km/h).	
Preço	3.990,00 € (R\$ 12.787,95)	

Quadro 10 – Especificações técnicas *electro drive lipo lomo*
Fonte: <http://www.stricker-handbikes.de>.

Notas:

- Equipamento mostrado na Figura 18.
- Cotação realizada no dia 05 de dezembro de 2014.
- Taxas de importação e tramites aduaneiros não estão inclusos no valor.



Figura 18 – *electro driver lipo lomo*
 Fonte: <http://www.stricker-handbikes.de>.

4.4.2.7 *Viper power cycle hand cycle*

Informações do Fabricante	Empresa	VIPER
	País de Fabricação	Austrália
	Site Oficial	http://www.handcyclesaustralia.com.au .
Elétrica	Motor	Motor cubo sem escova 200 W 36 V torque 43Nm
	Bateria	36 V 11,5 Ah lítio 2,5 kg
	Autonomia	Cerca de 24km (em terrenos planos)
	Tempo de Recarga	Aproximadamente 5 horas
Mecânica	Chassis	Alumínio aeronáutico.
	Roda/Pneu	Rodas de 20"
	Sistema de Frenagem	2 Freios <i>V-brakes</i>
	Propulsão e alimentação	Elétrico à bateria de lítio
Física	Massa Total	15 kg sem bateria (somente a <i>handbike</i>)
	Carga Máxima	Até 75 kg (usuário)
	Dimensões Máximas	Não informado
Diferencial	Opcional de duas baterias prolongando a autonomia.	
Preço	2.800,00 € (R\$ 8,974,00) – Uma bateria	
	3.265,00 € (R\$ 10.464,33) – Duas baterias	

Quadro 11 – *Viper Power Cycle hand cycle*

Fonte: www.handcyclesaustralia.com.au.

Notas:

- Equipamento mostrado na Figura 19.
- Cotação realizada no dia 05 de dezembro de 2014.
- Taxas de importação e tramites aduaneiros não estão inclusos no valor.



Figura 19 – Viper Power Cycle hand cycle
Fonte: www.handcyclesaustralia.com.au.

4.4.2.8 WS liberty

Informações do Fabricante	Empresa	WS CRUISER
	País de Fabricação	Brasil
	Site Oficial	www.bikemoto.com.net
Elétrica	Motor	Motor cubo sem escova 350 W 36 V torque 43Nm
	Bateria	36 V 11,5 Ah lítio 2,5 kg
	Autonomia	Cerca de 30km (em terrenos planos)
	Tempo de Recarga	Aproximadamente 5 horas
Mecânica	Chassis	Aço carbono.
	Roda/Pneu	Rodas de 20"
	Sistema de Frenagem	Não utiliza freios
	Propulsão e alimentação	Elétrico à bateria de lítio
Física	Massa Total	Não informado
	Carga Máxima	Até 140 kg (usuário)
	Dimensões Máximas	Não informado
Diferencial	Opcional de duas baterias prolongando a autonomia.	
Preço	R\$ 5.890,00 – Uma bateria	

Notas:

- Equipamento mostrado na Figura 20.
- Cotação realizada no dia 15 de março de 2015



Figura 20 – *WS liberty*
Fonte: www.bikemoto.com.net

4.5 DETALHAR CICLO DE VIDA E DEFINIR CLIENTES DO PRODUTO

4.5.1 Refinar ciclo de vida do produto

Ciclo de vida é o período no qual o produto passa, desde os primeiros esforços para realizar o produto, até o final do suporte pós-venda, ou seja quando é finalizado qualquer forma de compromisso da empresa com o suporte ao produto (ROZENFELD *et al.*, 2006).

De um modo geral, os modelos de ciclo de vida apresentam uma descrição gráfica da história do produto, ilustrando os estágios pelos quais o produto passa. O início do ciclo é marcado pelos primeiros esforços organizados e planejados para criar o produto. Só pode considerar em a vida de um produto chegou ao fim quando a empresa interrompe o suporte pós-venda (ROZENFELD *et al.*, 2006).

Um dos modelos frequentemente utilizado, principalmente na fase de pré-desenvolvimento, é o que apresenta a evolução do projeto/produto em termos dos recursos financeiros associados com as diferentes fases do ciclo, conforme mostrado na Figura 21 (ROZENFELD *et al.*, 2006).

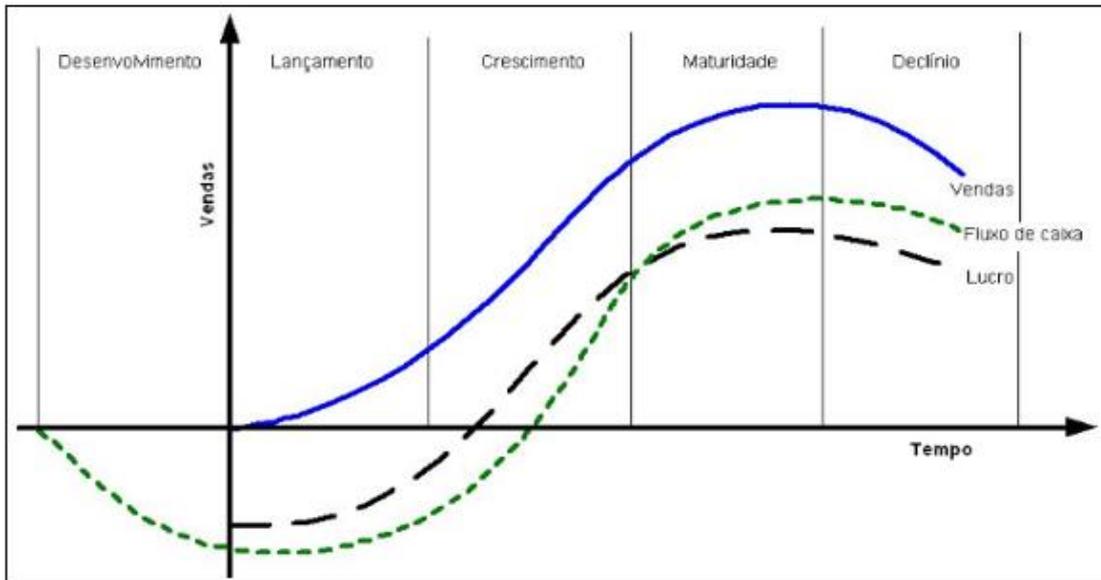


Figura 21 – Ciclo de vida segundo a evolução das vendas do produto
Fonte: Rozenfeld et al. (2006).

Cada produto possui uma curva própria de ciclo de vida, as fases do produto são baseadas no conhecimento existente sobre produtos similares ou produtos que já o antecederam (ROZENFELD *et al.*, 2006). Devido à falta dessas informações não é possível estimar o ciclo de vida do produto em questão.

4.5.2 Definição dos clientes do produto

O produto desenvolvido visou pessoas com paraplegia (perda total das funções motoras dos membros inferiores) e, ou, paraparesia (perda parcial das funções motoras dos membros inferiores). Assim, os potenciais usuários têm possibilidade de conduzir o protótipo, utilizando os membros superiores.

4.6 IDENTIFICAR OS REQUISITOS DOS CLIENTES DO PRODUTO

O levantamento de necessidades e desejo dos potenciais usuários é essencial para estabelecer os requisitos dos clientes. Este levantamento foi

realizado em forma de grupo focal com especialistas da área (fisioterapeuta, médico, engenheiro mecânico, engenheiro eletricitista e especialista em desenvolvimento de produto) no dia 29 de outubro de 2014. Como o protótipo visa suprir necessidades dos usuários, as especificações do produto estão baseadas nas necessidades levantadas pelo grupo focal.

Segundo Rozenfeld *et al.* (2006), grupo focal é o tipo de pesquisa na qual se seleciona uma equipe de consumidores, que pode variar de 5 a 9 pessoas, em ambiente controlado. Avalia-se os comportamentos, comentários e sugestões mediante a uma dinâmica de grupo, em que a equipe é estimulada a reagir diante ao produto.

4.6.1 Coleta das necessidades dos clientes

As necessidades foram levantadas a partir do grupo focal. As questões utilizadas foram desenvolvidas pelos profissionais da área de pesquisa Gilson Adamczuk Oliveira e Gilson Ditzel Santos, com base a estudos apresentados na dissertação de doutorado cujo título é “*predictors of satisfied users of assistive technology*”, e no artigo “*Understanding and measuring powered wheelchair mobility and manoeuvrability*”. As necessidades dos clientes são:

- Independência na realização de suas atividades diárias;
- Autonomia mínima da bateria;
- Praticidade para motorização da cadeira;
- Facilidade no transporte;
- Durabilidade nos componentes mecânicos;
- Facilidade na manutenção;
- Facilidade na higienização.

4.6.2 Agrupar e classificar as necessidades

Mobilidade

- Independência na realização de suas atividades diárias;
- Praticidade para motorização da cadeira;
- Facilidade no transporte.

Desempenho

- Autonomia mínima da bateria;
- Durabilidade nos componentes mecânicos.

Manutenção

- Facilidade na manutenção;
- Facilidade na higienização.

4.6.3 Definir e valorar os requisitos dos clientes

- Ter boa dirigibilidade;
- Ter estabilidade;
- Ser compacto;
- Ser leve;
- Ter fácil acoplamento;
- Ter boa autonomia;
- Ter durabilidade;
- Ter resistência mecânica;
- Ter manutenibilidade;
- Ter higienabilidade;
- Ser impermeável.

Segundo Rozenfeld *et al.* (2006), os valores dos requisitos dos clientes podem ser definidos diretamente pela equipe de projeto. Porém, existem procedimentos mais sistemáticos que podem ser utilizados para tal valoração. No diagrama de Mudge, a valoração é feita por comparação pareada entre todos os

requisitos. Cada comparação tem duas questões para serem respondidas: Qual requisito é mais importante para o sucesso do produto? Quanto mais importante é esse requisito?. O Quadro 13 representa o diagrama de Mudge para os requisitos citados a cima, e o Quadro 14 ilustra o ranque de importância dos requisitos.

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	TOTAL	%
A	0	3A	3A	1A	3A	3A	1A	3A	3A	3A	23	20,35
B		3B	3B	1B	3B	3B	1B	3B	3B	3B	23	20,35
C			0	3E	1F	3G	3H	1I	1C	1K	1	0,9
D				3E	0	3G	3H	1D	1D	1K	2	1,8
E					3E	0	0	3E	3E	3E	18	15,93
F						3G	3H	1F	1F	1F	4	3,54
G							0	3G	3G	3K	15	13,27
H								3H	3H	3H	18	15,93
I									1I	1I	3	2,65
J										1K	0	0
K											6	5,31
Total											113	100

Quadro 12 – Diagrama de Mudge para requisitos dos clientes
Fonte: Autoria própria.

REQUISITOS		%
A	Ter boa dirigibilidade	20,35
B	Ter estabilidade	20,35
E	Ter fácil acoplamento	15,93
H	Ter resistência mecânica	15,93
G	Ter durabilidade	13,27
F	Ter boa autonomia	3,54
I	Ter manutenibilidade	2,65
D	Ser leve	1,8
C	Ser compacto	0,9
J	Ter higienabilidade	0

Quadro 13 - Percentagens dos requisitos do cliente obtidos no diagrama de Mudge
Fonte: Autoria própria.

4.6.4 Definir requisitos do produto

Os requisitos do produto são elaborados para atender as necessidades e desejos dos clientes. Como as necessidades dos clientes de uma forma geral estão expressas em termos subjetivos e vagos, infelizmente informações nessas condições não permitem uma comunicação precisa, podendo gerar falhas no desenvolvimento do produto (ROZENFELD *et al.*, 2006).

Segundo Rozenfeld *et al.* (2006), para obter uma comunicação precisa durante o desenvolvimento do projeto de um produto é fundamental que as informações que iram caracterizar o produto estejam de acordo com a linguagem técnica de engenharia. Os requisitos do produto foram definidos como:

- Dirigibilidade;
- Ergonomia:
- Estabilidade:
- Segurança:
- Dimensões:
- Peso:
- Engate rápido:
- Autonomia:
- Eficiência:
- Vida útil:
- Capacidade de carga:
- Manutenibilidade:
- Higienabilidade:
- Impermeabilidade:

Para a valoração dos requisitos do produto foi realizado o diagrama de Mudge Quadro 15, e o ranqueamento dos mesmos no Quadro 16.

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	Total	%
A	1A	0	0	3A	1A	1A	1A	3A	1A	1A	3A	3A	3A	21	15,79
B		1C	1D	3B	1B	3G	0	1B	0	0	1B	3B	1B	10	7,52
C			0	3C	1C	1C	3C	3C	1C	1C	3C	1B	1C	18	13,53
D				3D	1D	1D	3D	3D	1D	1D	1D	1D	1D	17	12,78
E					1F	3G	1E	1E	1J	3K	1L	1M	1E	3	2,26
F						1G	3F	3F	1F	1K	1F	1F	1F	11	8,27
G							3G	3G	0	1K	1G	1G	1G	16	12,03
H								0	1J	3K	1H	1H	1H	3	2,26
I									1J	3K	1L	1I	1I	2	1,50
J										0	1J	3J	1J	8	6,02
K											1K	3K	3K	18	13,53
L												1L	1L	4	3,01
M													1M	2	1,50
N														0	0,00
Total														133	100

Quadro 14 – Diagrama de Mudge para requisitos do produto
 Fonte: Autoria própria.

REQUISITOS		%
A	Dirigibilidade	15,79
C	Estabilidade	13,53
K	Capacidade de carga	13,53
D	Segurança	12,78
G	Engate rápido	12,03
F	Peso	8,27
B	Ergonomia	7,52
J	Vida útil	6,02
L	Manutenabilidade	3,01
E	Dimensões	2,26
H	Autonomia	2,26
I	Eficiência	1,5
M	Higienabilidade	1,5
N	Impermeabilidade	0

Quadro 15 – Porcentagens dos requisitos do produto obtidos no diagrama de Mudge
 Fonte: Autoria própria.

4.6.5 Definir especificações metas do produto

O Quadro 17 apresenta as especificações meta do produto. Posteriormente estão as descrições das especificações não quantificáveis.

REQUISITOS	Valoração
Peso	10 – 25 [kg]
Engate rápido	10 – 40 [s]
Autonomia	2 – 3 [horas]
Vida útil	5 anos
Capacidade de carga	70 a 100 [kg]
Dirigibilidade	Não quantificáveis
Ergonomia	Não quantificáveis
Estabilidade	Não quantificáveis
Segurança	Não quantificáveis
Dimensões	Não quantificáveis
Eficiência	Não quantificáveis
Higienabilidade	Não quantificáveis
Impermeabilidade	Não quantificáveis

Quadro 16 – Especificações-meta do produto

Fonte: Aatoria própria.

Dirigibilidade: é o termo que define a facilidade que o equipamento apresenta de ser dirigido. O protótipo deve apresentar boa dirigibilidade, devido aos usuários não apresentarem total capacidade física.

Ergonomia: segundo ABERGO (2008), compreende-se por ergonomia as interações entre os seres humanos e outros elementos ou sistemas, com aplicação de teorias, princípios, dados e métodos a projetos, visando otimizar o bem estar humano e o desempenho global do sistema. Para que o produto seja ergonômico deve se adequar as dimensões e arquitetura do protótipo, proporcionando conforto e bem estar do usuário.

Estabilidade: a estabilidade está ligada com a questão da arquitetura do equipamento, deve-se trabalhar para que o centro de gravidade (CG) do conjunto seja o mais próximo do solo possível.

Segurança: adequação da estrutura evitando partes que possam ferir o usuário, emprego de coeficientes de segurança no dimensionamento da estrutura para evitar uma possível falha durante o uso e atendimento das normas referentes a cadeiras de rodas motorizadas.

Dimensões: visando a questão que o conjunto de motorização deve apresentar facilidade no transporte quando não está sendo utilizado na cadeira, trabalhando-se na busca da menor dimensão possível, sem prejudicar a questão ergonômica.

Eficiência: utilização de bateria de lítio para diminuir o peso e o tempo de carregamento da mesma, e fazer uso de matérias com baixo peso e elevada resistência mecânica.

Manutenibilidade: o produto deve ser construído de uma forma que facilite a manutenção e acessibilidades aos componentes.

Higienabilidade: o equipamento deve ser de fácil limpeza, evitar superfície rugosas e reentrâncias que contribuam para o acúmulo de sujeiras.

Impermeabilidade: os componentes mecânicos, elétricos e eletrônico, devem apresentar tal características devido à necessidade de higienização.

5 PROJETO CONCEITUAL

5.1 MODELO FUNCIONAL DO PRODUTO

Segundo Rozenfeld *et al.* (2006), de um modo geral as funções descrevem as capacidades desejadas ou necessárias que tornarão um produto capaz de desempenhar seus objetivos e especificações. As funções podem ser geradas diretamente das necessidades dos clientes.

5.1.1 Funções do produto

Com base nas especificações metas foram identificadas as seguintes funções do produto:

- Transportar o usuário;
- Acoplar e desacoplar a unidade de motorização;
- Transformar energia eletroquímica em mecânica;
- Frenar o protótipo;
- Mudar de direção;
- Acelerar e desacelerar.

5.1.2 Função global

A função global do protótipo é promover a locomoção com segurança e praticidade, do usuário portador de deficiência, utilizando sua própria cadeira de rodas manual. A Figura 22 ilustra a representação esquemática da função global, com suas entradas e respectivas saídas. A Figura 23 ilustra o desdobramento da função global.

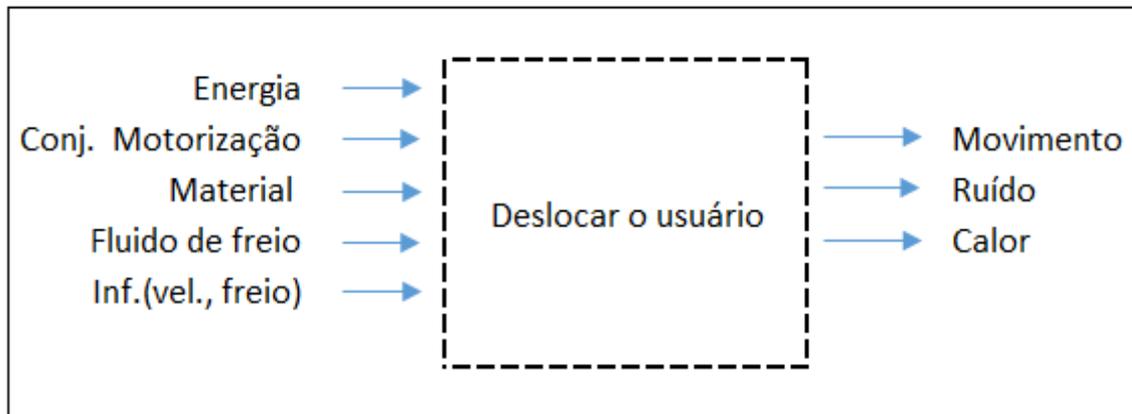


Figura 22 – Representação esquemática da função global
Fonte: Autoria própria.

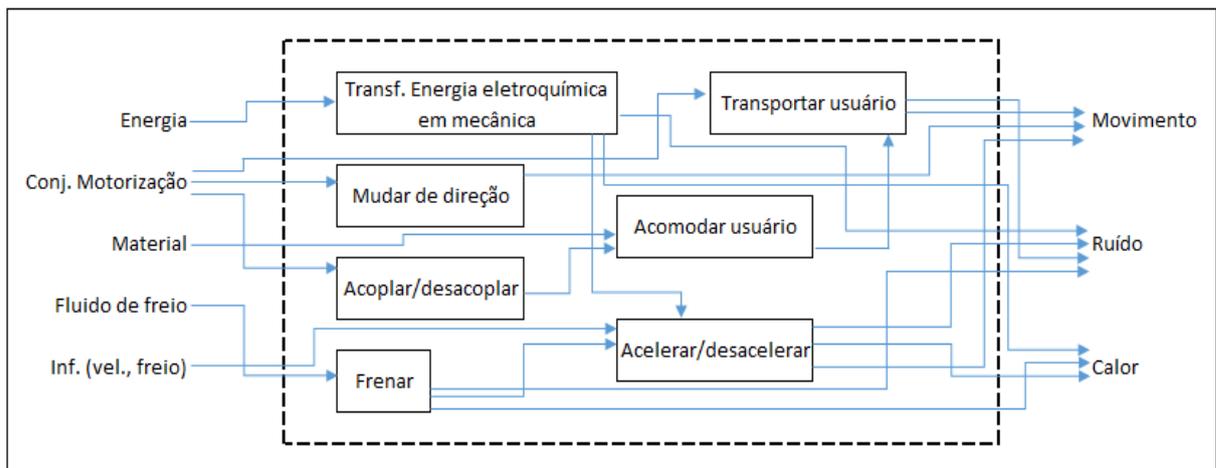


Figura 23- Desdobramento da função global
Fonte: Autoria própria.

5.2 PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO PARA AS FUNÇÕES

Inicia-se a passagem do abstrato ao concreto, da função a forma. Determina-se um ou mais princípios solução para cada uma das funções escolhidas anteriormente (ROZENFELD *et al.*, 2006).

5.2.1 Efeitos físicos

As funções do produto são descritas abaixo:

- Transportar o usuário: a função do conjunto é transportar o usuário por distâncias relativamente longas e ou terrenos levemente acidentados;
- Acoplar e desacoplar a unidade de tração: tem como objetivo a motorização da cadeira de roda mecanomanual;
- Transformar energia eletroquímica em mecânica: tem como função a transformação da energia da bateria em energia mecânica para proporcionar o deslocamento do usuário;
- Frenar o protótipo: o objetivo dos freios é reduzir a velocidade do conjunto mantendo a segurança do usuário e, manter o protótipo em um estado estacionário;
- Mudar de direção: permite ao usuário mudar de direção proporcionando uma maior flexibilidade na movimentação do usuário;
- Acelerar e desacelerar: permite ao usuário uma variação de velocidade e torque para vencer os obstáculos do percurso.

5.2.2 Portadores de efeitos

Definição dos portadores de efeito, para posteriormente construção da matriz morfológica. Foram atribuídas siglas para os portadores de efeito, para melhor visualização na matriz morfológica.

- Acoplar e desacoplar a unidade de tração;
- AC1 – Motorização dianteira, terceira roda;
- AC2 – Motorização traseira.
- Transformar energia eletroquímica em mecânica;
- MT1 – Motor corrente contínua sem escova;
- MT2 – Motor de corrente contínua com escovas.
- Frenar o protótipo;

- FR1 – Freios *V-brake*;
- FR2 – Freio a disco.
- Mudar de direção;
- SD1 – Sistema de direção de bicicleta;
- SD2 – Controle de rotação nas rodas traseiras.
- Acelerar e desacelerar.
- AD1 – Acelerador de punho;
- AD2 – *Joystick*.

5.3 ALTERNATIVA DE SOLUÇÃO

Para facilitar a compreensão, foi elaborada a matriz morfológica, Quadro 18, e as possíveis combinações de portadores, gerando opções plausíveis de construção do protótipo. A matriz morfológica consiste em uma abordagem estruturada para a geração de alternativas de solução para o problema do projeto (ROZENFELD *et al.*, 2006).

Função	Princípios de solução	
Acoplar e desacoplar a unidade de tração	AC1	AC2
Transformar energia eletroquímica em mecânica	MT1	MT2
Frenar o protótipo	FR1	FR2
Mudar de direção	MD1	MD2
Acelerar e desacelerar	AD1	AD2

Quadro 17 – Matriz morfologia

Fonte: A autoria própria.

As alternativas foram selecionadas baseando-se no protótipo já existente e nas ideias levantadas com o grupo focal. O Quadro 19 apresenta as alternativas de montagem.

Devido a utilização da cadeira de rodas comercial, a opção de acomodar e transportar fica limitada no modelo do fabricante.

Função	Alternativas de montagem							
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Acoplar e desacoplar a unidade de tração	AC1	AC1	AC1	AC1	AC2	AC2	AC2	AC2
Transformar energia eletroquímica em mecânica	MT1	MT1	MT2	MT2	MT1	MT1	MT2	MT2
Frenar o protótipo	FR1	FR2	FR1	FR2	FR1	FR2	FR1	FR2
Mudar de direção	MD1	MD1	MD1	MD1	MD2	MD2	MD2	MD2
Acelerar e desacelerar	AD1	AD1	AD1	AD1	AD2	AD2	AD2	AD2

Quadro 18 – Alternativa de montagem
Fonte: Autoria própria.

5.4 ARQUITETURA

Segundo Rozenfeld *et al.* (2006), a arquitetura de produto é o esquema pelo qual os elementos funcionais do produto são arranjados em partes físicas e como as partes interagem por meio de interfaces. Assim, cada alternativa de montagem (alternativa de solução) resultará em uma arquitetura distinta.

As alternativas de montagem apresentadas no Quadro 19 resultam em duas arquiteturas distintas:

A primeira arquitetura refere-se a motorização acoplando um mecanismo na parte dianteira da cadeira de rodas, transformando-a em um triciclo, Figura 24, com variação no motor (com escovas e sem escovas), e no sistema de freio utilizando freios a disco ou *V-brake*.

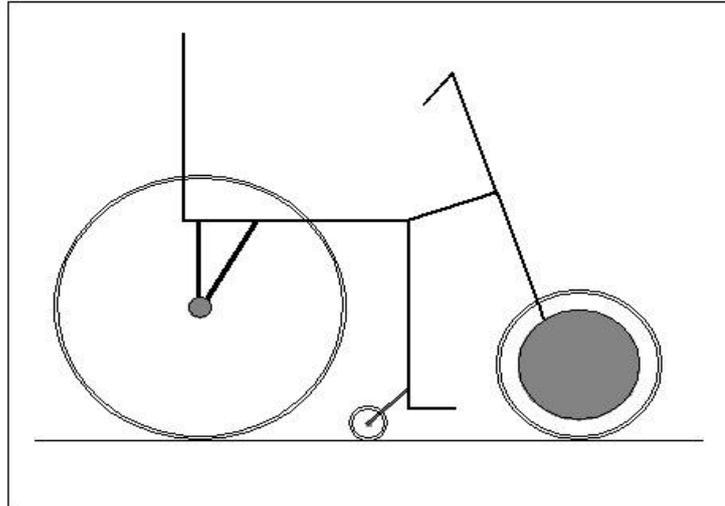


Figura 24 – Concepção de montagem com motorização na dianteira da cadeira
Fonte: Autoria própria.

A segunda arquitetura retrata uma motorização direta nas rodas traseiras, Figura 25, utilizando um joystick para controlar o sistema, com variação no motor (com escovas e sem escovas), e no sistema de freio utilizando freios a disco ou *V-brake*. Essa opção de montagem não transforma o conjunto em um triciclo.

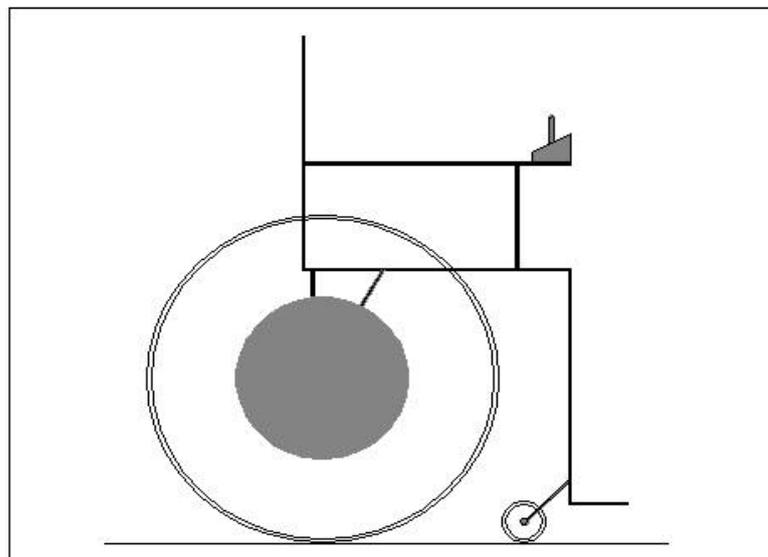


Figura 25 – Concepção de montagem com motorização nas rodas da cadeira
Fonte: Autoria própria.

5.5 ANALISAR SISTEMAS, SUBSISTEMAS E COMPONENTES

5.5.1 Identificar e analisar aspectos críticos do produto

Tratando-se de um protótipo direcionado as pessoas com deficiência física, os aspectos críticos devem ser devidamente analisados e minimizados, da melhor forma possível, evitando acidentes, lembrando que o usuário já possui limitações motoras.

Alguns riscos que podem existir no protótipo são:

- Falha no sistema da trava do acoplamento, fazendo com que o conjunto de motorização “se solte” da cadeira, provocando desequilíbrio ao usuário, ou apenas desconforto por precisar refazer a acoplagem e falta de confiança na utilização do protótipo;
- Travamento do acelerador, o que resultaria em um aumento indesejado na velocidade, podendo até ocasionar um acidente grave;
- Falha no sistema elétrico, como um fio desencapado, interrompendo o funcionamento do motor;
- Falha em algum componente do sistema de freios, impossibilitando que o usuário desacelere ou pare o protótipo, também podendo resultar em um acidente grave;
- Centro de gravidade (CG) alto, facilitando a ocorrência de um tombamento ou um desequilíbrio;

5.5.2 Definir parâmetros principais (forma, materiais, dimensões e capacidades)

As formas e as dimensões máximas do protótipo estão representadas na Figura 26, essas dimensões são baseadas nas utilizadas pelos concorrentes. Como ainda não foram realizados os cálculos dos esforços, a determinação dos materiais e capacidade são embasadas nas características dos concorrentes.

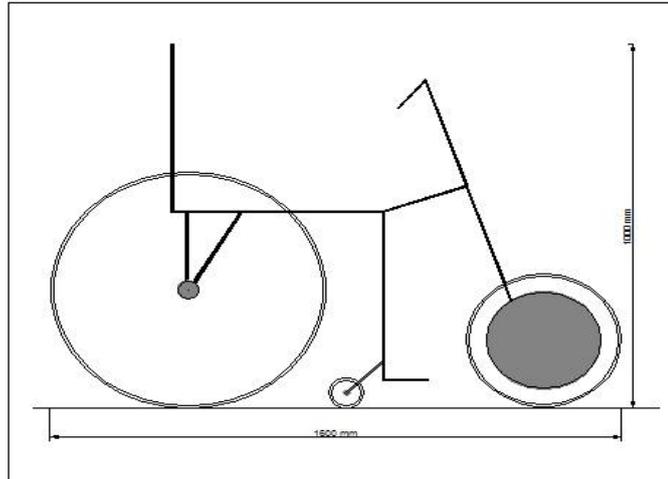


Figura 26 – Dimensões máximas do protótipo
Fonte: Autoria própria.

5.6 DEFINIR ERGONOMIA E ESTÉTICA DO PRODUTO

5.6.1 Ergonomia

O principal quesito da ergonomia é o conforto e bem estar do usuário. Um fator relevante é a distância entre o usuário e o guidão ou joystick, o qual, deve-se evitar que o usuário fique em uma posição desconfortável ao utilizar a cadeira motorizada. As partes que estarão em contato com o usuário devem ser projetadas de uma forma que evite arestas, e com materiais que proporcione conforto e evite agredir o cadeirante.

5.6.2 Estética

Estética pode ser definida como sensação. Sensação das cores, dos cheiros, das superfícies, dos sabores, dos sons e das formas (RIBEIRO, 2010).

A estética está diretamente associada com a beleza. Platão já dizia, “coisa difícil é o belo”, sendo ainda mais categórico ao questionar não “o que é belo, mas sim o que é o belo” (VÁSQUEZ, 1999). Com essa frase Platão indaga não

somente o que é uma forma considerada bela, mas, sim as peculiaridades que a fazem bela.

Nos produtos a estética está relacionada com o aperfeiçoamento visual da aparência externa, buscando o encantamento do cliente.

Para atingir esse encantamento do cliente, buscou-se uma combinação de componentes (guidão, garfo, manetes do freio e motor), juntamente com cores e arquitetura, que seja atrativo aos olhos do usuário, assim estimulando um possível interesse de aquisição do produto. A Figura 27 apresenta uma proposta da estética do produto.



Figura 27 – Proposta de estética do protótipo
Fonte: Autoria própria.

5.7 FORNECEDORES E PARCERIAS DE CO-DESENVOLVIMENTO

A Tabela 4 apresenta os fornecedores e parcerias de co-desenvolvimento do produto.

Tabela 4 – Fornecedores de componentes e peças com seus respectivos contatos

Fornecedor	Produto	Site	Contato
Pato bike	Pneus, rodas, cubos, raios, freios, garfo.		(46) 3224-4453
Kf bikes	Pneus, rodas, cubos, raios, freios, garfo.	www.kfbikes.com.br	(41) 3033-4165 contato@kfbikes.com.br
Bike moto	Kit bicicleta elétrica e bateria.	www.bikemoto.net	(17) 3016-9005 contato@bikemoto.net
Bici moto	Kit bicicleta elétrica e bateria.	www.bicimoto.com.br	(41) 4063-7241 www.bicimoto.com.br
Alcast alumínio do Brasil	Chapa de alumínio		(46) 3263-8850
Rozimbo peças	Rolamentos	www.rozimbo.com.br	46 3220-2233

Fonte: Autoria própria.

5.8 SELECIONAR A CONCEPÇÃO DO PRODUTO

Para selecionar a concepção mais adequada utilizou-se matriz de decisão, Quadro 20, a concepção escolhida como referência é a montagem 1 (M1). O método indica para cada critério se a concepção é melhor, pior ou igual, comparando com a escolhida como referência. No final realizou-se um somatório, a concepção que atingir maior valor é a mais indicada.

Critérios	Montagem							
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Custo	0	-1	1	1	-1	-1	-1	-1
Peso	0	0	-1	-1	1	1	1	1
Dirigibilidade	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1
Estética	0	0	-1	-1	1	1	1	1
Autonomia	0	0	0	0	0	0	0	0
Ruído	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Velocidade	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1
Frenagem	0	1	0	1	0	-1	0	-1
Dimensão	0	0	0	0	1	1	1	1
Total	0	0	-2	-1	-1	-1	-1	-1

Quadro 19 – Matriz decisão

Fonte: Autoria própria.

A concepção M1 e M2 obtiveram os melhores resultados.

A concepção M1 utiliza motor *brushless* com acoplamento na parte dianteira da cadeira, o qual apresenta melhor dirigibilidade e estabilidade proporcionando mais confiabilidade e segurança para o usuário. O nível de ruído é baixo devido a não utilização de caixa de transmissão.

A concepção M2 apresenta as mesmas características da M1 porém com o diferencial do freio, a M2 utiliza freio a disco o qual apresenta uma resposta melhor com mais segurança.

6 PROJETO DETALHADO

6.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

Este trabalho trata-se do desenvolvimento de uma unidade de tração elétrica, para auxiliar a locomoção do usuário de cadeira de rodas. E o problema em questão é desenvolver um mecanismo de engate rápido, com baixo peso e que seja prático para o cadeirante.

6.2 DECLARAÇÃO DOS DADOS

As especificações metas do produto definidas no Projeto informacional, foram utilizadas como dados de entrada para iniciar o desenvolvimento do projeto. O Quadro 21 mostra os dados de entrada mensuráveis, considerou-se também, os requisitos não mensuráveis.

REQUISITOS	Valoração
Peso	10 – 25 [kg]
Engate rápido	10 – 40 [s]
Autonomia	2 – 3 [horas]
Vida útil	5 anos
Capacidade de carga	70 a 100 [kg]

Quadro 20 – Dados de entrada do projeto

Fonte: Autoria própria.

Dirigibilidade: boa dirigibilidade, facilidade para acionar e controlar os comandos.

Ergonomia: flexibilidade na estrutura, possibilitando o ajuste para usuários de diferentes tamanhos.

Estabilidade: a estabilidade está ligada com a questão da arquitetura do equipamento, desenvolver a estrutura de forma que o CG se localize dentro da região adequada.

Segurança: adequação nas normas referentes a cadeira de rodas. Fabricação com fator de segurança adequado.

Dimensões: desenvolver o projeto com menor massa a menor dimensão possível, sem prejudicar a questão ergonômica e de segurança.

Eficiência: utilização de bateria de lítio para diminuir o peso e o tempo de carregamento da mesma, e utilização de materiais leves com alta resistência.

Manutenibilidade: estrutura pratica e simples facilitando a manutenção e acesso aos componentes.

Higienabilidade: o equipamento deve ser de fácil limpeza.

Impermeabilidade: os componentes mecânicos, elétricos e eletrônico, devem apresentar tal características.

6.3 ELABORAÇÃO DE HIPÓTESES

6.3.1 Métodos de fixação da unidade de tração

No estudo realizado sobre os concorrentes identificou-se duas configurações de engate. A primeira com método de fixação utilizando pinos e plugues de acoplamento nos tubos frontal do quadro da cadeira, tubos esses que servem como proteção das pernas e para fixar os apoiadores dos pés. A segunda com o mecanismo de engate de baixo do acento, havendo necessidade de uma haste (quadro do conjunto de motorização) entre as pernas do usuário. Na sequência estão descritos os dois métodos de fixação.

6.3.1.1 Método com engate nos tubos frontais

Esta configuração consta com pinos de ancoragem fixados na estrutura da cadeira por meio de abraçadeiras, as dimensões das mesmas variam conforme o diâmetro dos tubos. A posição das abraçadeiras varia conforme a estatura do usuário, lembrando que a distância mínima de 80 mm entre as abraçadeiras tem que ser respeitada. A instalação das mesmas em trechos curvos e regiões soldadas deve ser evitada. A Figura 28 representa a abraçadeira com o pino de ancoragem, e na Figura 29 está ilustrada a estrutura da cadeira com as abraçadeiras instaladas.



Figura 28 – Abraçadeira e pinos de ancoragem
Fonte: Manual do usuário *Firefly electric handcycle*.



Figura 29 – Abraçadeiras fixadas na cadeira
Fonte: Manual do usuário *Firefly electric handcycle*.

Com as abraçadeiras devidamente posicionadas e apertadas finaliza-se a etapa de preparação da cadeira, assim o usuário pode acoplar o conjunto de

motorização. No primeiro procedimento deve-se prender os braços inferiores do conjunto nos pinos inferiores instalados na cadeira, procedimento ilustrado na Figura 30. O encaixe deve ser realizado corretamente e então ativa-se o soquete de segurança para evitar um desacoplamento inesperado, o procedimento deve ser realizado nos dois braços inferiores. Para alinhar os braços laterais do conjunto de motorização, se houver a necessidade de ajuste o comprimento dos mesmos utiliza-se a barra roscada e a porca para travar na posição desejada.



Figura 30 – Engate do braço inferior
Fonte: Manual do usuário Firefly electric handcycle.

Com os braços inferiores devidamente acoplados, o usuário deve empurrar o conjunto para frente de uma forma que as rodas dianteiras da cadeira perca contato com o solo. Indica-se que essa manobra seja feita com uma das mãos e com a outra deve-se acoplar os braços superiores do conjunto nos pinos superiores da cadeira, assim, como apresentado na Figura 31. Após realizar o encaixe o procedimento de ativar o soquete de segurança é o mesmo mencionado anteriormente.



Figura 31 – Engate do braço superior
Fonte: Manual do usuário Firefly *electric handcycle*.

Caso o usuário sinta necessidade de ajustar a inclinação da cadeira deve-se utilizar a barra roscada, sempre mantendo os braços alinhados. Além disso, há a possibilidade do usuário ajustar a altura do guidão para proporcionar maior conforto ao utilizar o conjunto. O usuário familiarizado com o engate leva aproximadamente 20 segundos para realizar o procedimento.

Para desacoplar, o usuário deve realizar o processo inverso, iniciando pela liberação dos soquetes de segurança dos braços superiores. Na sequência com uma das mãos empurra o guidão para frente para liberar os plugues dos pinos. Ao retornar o guidão para trás com os braços superiores desconectados dos pinos as rodas dianteira da cadeira voltam a ter contato com o solo. Então, libera-se os soquetes de segurança inferiores e libera os plugues dos pinos inferior.

6.3.1.2 Método de engate único central

Neste tipo de engate é utilizado uma estrutura de ancoragem um pouco mais complexa. Para isso, é necessário uma barra metálica fixada no quadro da cadeira de rodas logo a baixo do acento, como a mostrada na Figura 32. Essa estrutura consta com um guia e com o sistemas apropriado para realizar o engate com o conjunto de motorização.



Figura 32 – Estrutura de ancoragem
Fonte: Bikemoto (2015)

No quadro do conjunto de motorização se encontra o mecanismo de engate, Figura 33, que é acionado quando está devidamente posicionado na estrutura de ancoragem. A trava é ativada com o usuário empurrando o guidão para frente suspendendo as rodas dianteiras da cadeira, este procedimento leva em média 5 segundos. Este tipo de acoplamento é mais simples e rápido que o apresentado anteriormente, porém, apresenta maior complexidade na instalação e algumas limitações para cadeiras dobráveis porque a estrutura de ancoragem trava o movimento para dobrar a cadeira.



Figura 33 – Conjunto de motorização
Fonte: Bikemoto (2015).

Outro sistema de engate único central utiliza interferência para travar o conjunto. O mecanismo empregado é simples. Consiste em um tubo (ancorador)

com diâmetro interno ligeiramente maior que o diâmetro externo do tubo do quadro. Ao posicionar o quadro do conjunto de tração dentro do tubo de ancoragem, ativa-se a trava de pressão para fixar o conjunto. O mecanismo de engate está ilustrado na Figura 34.



Figura 34 – Mecanismo ancoragem por interferência
Fonte: Vinci Mobility (2014).

6.4 DECISÕES PRELIMINARES DO PROJETO

Os croquis de projetos foram elaborados no *software* CAD 3D *SolidWorks®*.

A cadeira de rodas utilizada na simulação é um modelo comercial descartando a necessidade de projeto da cadeira, mas afim de garantir a integridade do usuário, realizou-se as simulações de esforços na estrutura da cadeira.

Estrutura do quadro da unidade de tração em alumínio 6061 T6, cujo apresenta excelentes propriedades mecânicas e químicas, e uma excelente aceitação do processo de soldagem.

O conjunto de motorização empregado é de modelo comercial de 800 W, 36 V com bateria de lítio, e todo o circuito de acionamento, de controle e de potência estão integrados, o diferencial é a possibilidade de controle de velocidade.

Com base a seção 6.3.1 métodos de fixação da unidade de tração, optou-se pela método de engate central por interferência. Esta decisão foi tomada com base a facilidade do usuário realizar o acople da unidade de tração na cadeira de rodas, e, a forma construtiva que é relativamente simples e segura, não havendo a necessidade de fabricação de componentes complexos.

Utilizou-se trava de segurança para evitar um possível desacoplamento.

Para adequar a estrutura em relação ao tamanho do usuário, fez-se o uso de mecanismo que possibilita ajuste de altura e posição do guidão.

O usuário deve ter total domínio sobre o mecanismo, tanto para se locomover quanto para acoplar e desacoplar.

6.5 CROQUIS DO PROJETO

Para fins de simplificação utilizou-se massa padrão de 90 kg que representa o usuário, Figura 35, o CG da massa padrão é coincidente com o CG de uma pessoa sentada. O centro de gravidade de uma pessoa se encontra centímetros à frente da articulação lombossacra, ao nível do quadril (LEMOS, TEIXEIRA e MOTA, 2009). Estes croquis auxiliam na identificação da variação do CG (ponto de cor rosa) nas distintas configurações da cadeira. Na Figura 36, está representada a massa padrão de 90 kg sem a unidade de tração. Já na Figura 37 somente a cadeira de rodas, e na Figura 38 a unidade de tração com a cadeira de rodas.

Os centros de massas foram determinados com o *software SolidWorks®* em função da geometria e, das massas dos componentes e do usuário.

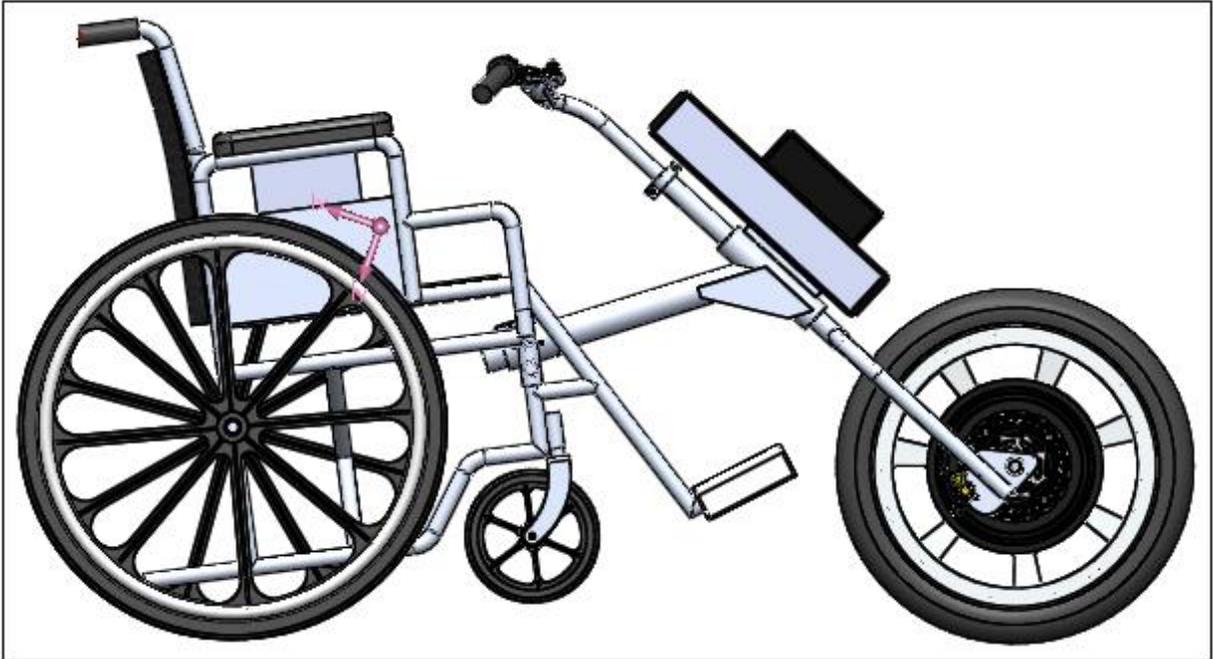


Figura 35 – Centro de gravidade do conjunto completo
Fonte: Autoria própria.

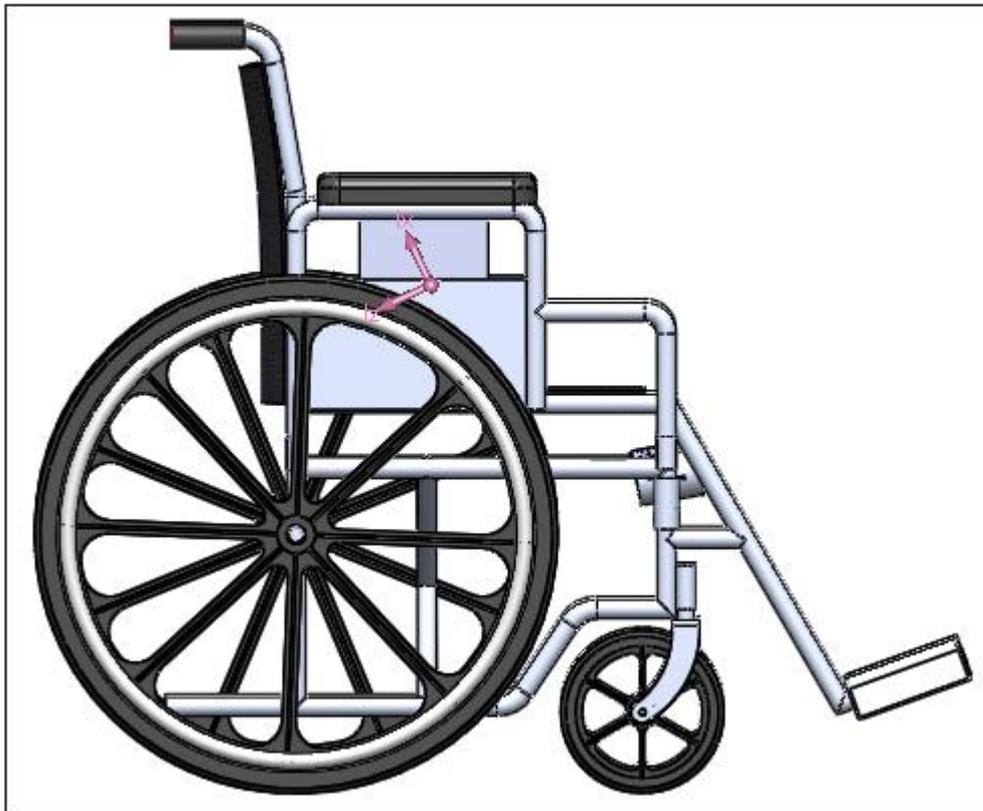


Figura 36 – Centro de gravidade do usuário de 90 kg e a cadeira
Fonte: Autoria própria.



Figura 37 – Centro de gravidade da cadeira de rodas
Fonte: Autoria própria.

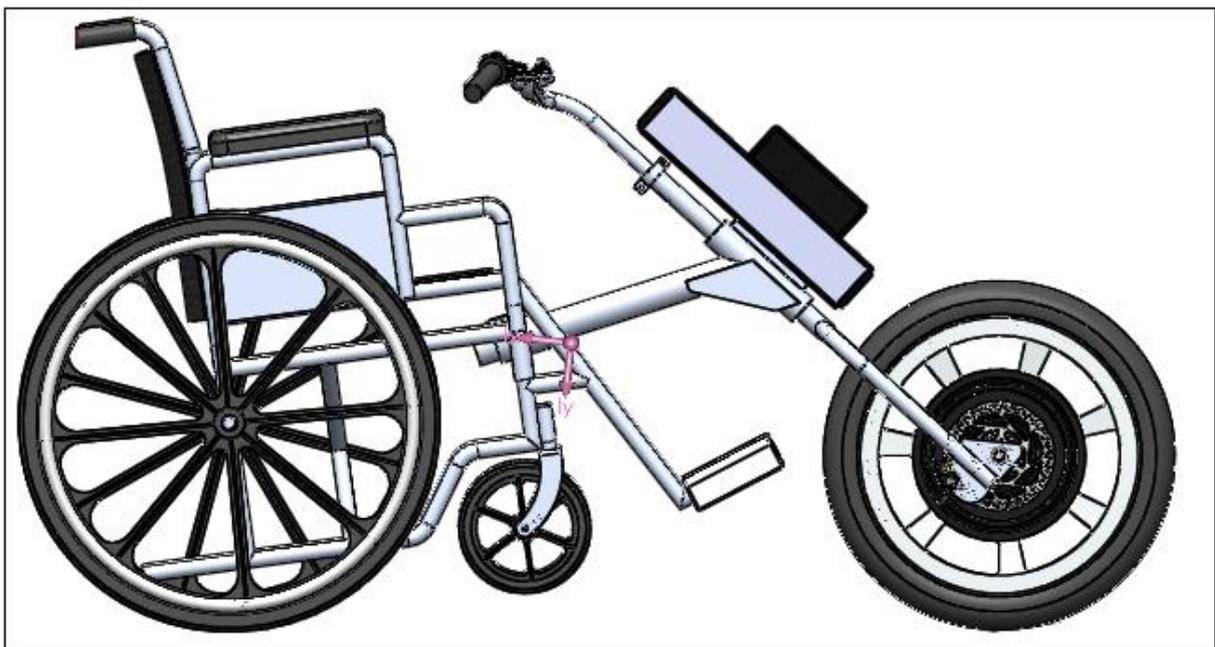


Figura 38 – Cadeira de rodas com a unidade de tração
Fonte: Autoria própria.

6.6 MODELOS MATEMÁTICOS

6.6.1 Estabilidade

Utilizando a metodologia descrita na seção 2.5 centro de gravidade, determina-se a eficiência do projeto no quesito estabilidade. Como citado anteriormente, indica-se que o CG esteja entre os eixos a um terço de distância do eixo com duas rodas, e a altura não exceda a distância entre o CG e a linha de capotamento.

A estrutura de um triciclo pode ser representada por um triângulo, Figura 39, a linha de capotamento é mostrada com a cor azul, a distância entre CG e linha de capotamento com a cor roxa e o CG é ilustrado pelo círculo amarelo e preto. A Figura 39 representa a localização ideal do CG para o triciclo em questão.

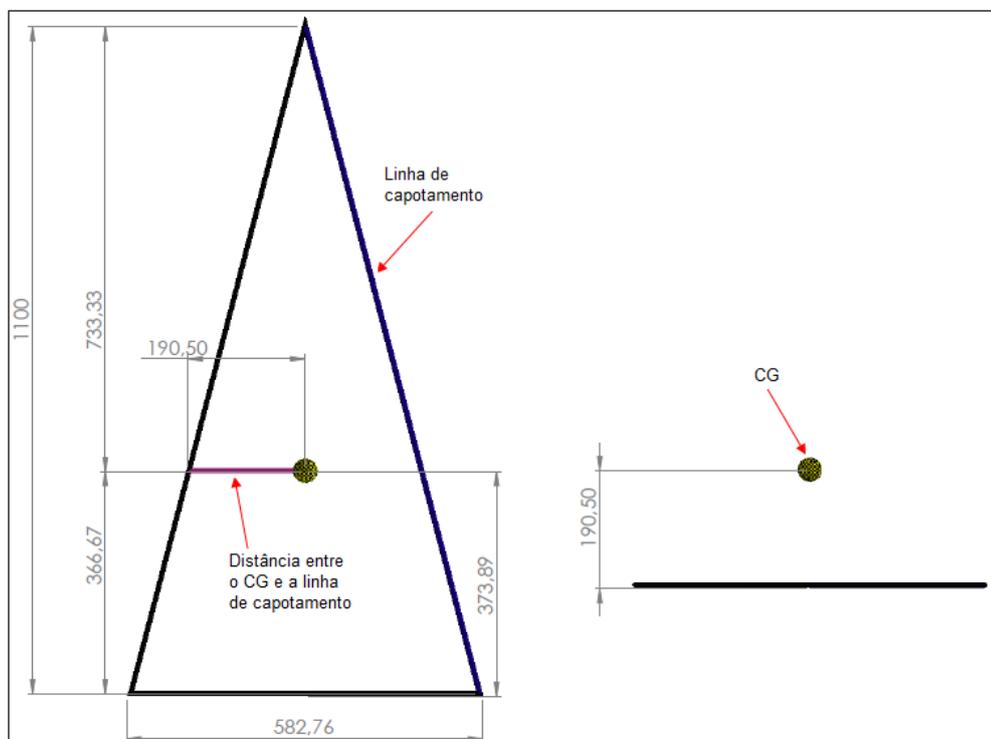


Figura 39 – Representação simplificada do triciclo com a localização ideal do centro de massa

Fonte: Autoria própria.

Para o caso estudado a combinação dos componentes e ocupante, resultou em uma localização de CG, Figura 40, a localização atende ao critério de distribuição de peso, mas não atende o quesito altura do CG.

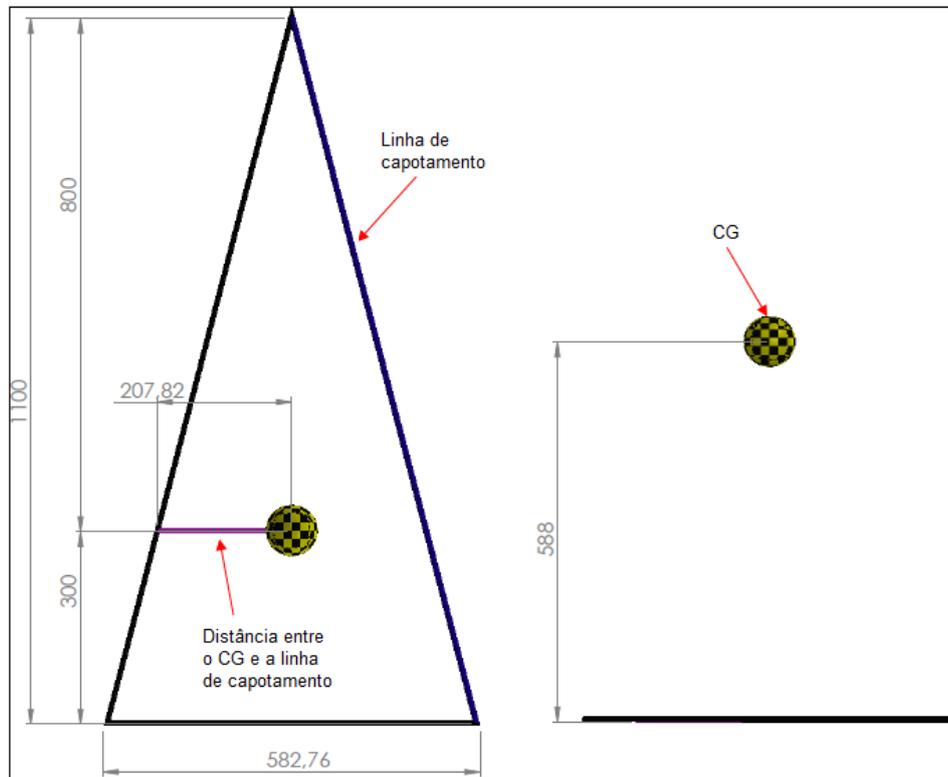


Figura 40 – Representação simplificada do triciclo com a localização real do centro de massa
Fonte: Autoria própria.

Essa não conformidade da altura do CG em relação ao seção 2.5 centro de gravidade, não determina a reprovação do projeto, mas implica em uma aceleração lateral crítica, acima dessa aceleração o veículo tende a capotar.

Determinou-se a aceleração lateral crítica através de relações trigonométricas. Considerando que o veículo se desloca com uma velocidade uniforme por uma superfície plana, quando o mesmo efetuar uma curva a aceleração lateral gera uma força imaginária de reação sobre o CG denominada força centrífuga F_C , no sentido oposto da curva. A força F_R é resultante da combinação do peso e da F_C , quando o comprimento da componente x da F_R se igualar com o comprimento da distância entre o CG e a linha de capotamento l_{CG} , significa que o veículo atingiu a velocidade crítica para tal curva que implica em

aceleração crítica, acima dessa velocidade o veículo tende ao capotamento. A Figura 41 facilita o entendimento das componentes forças e distâncias.

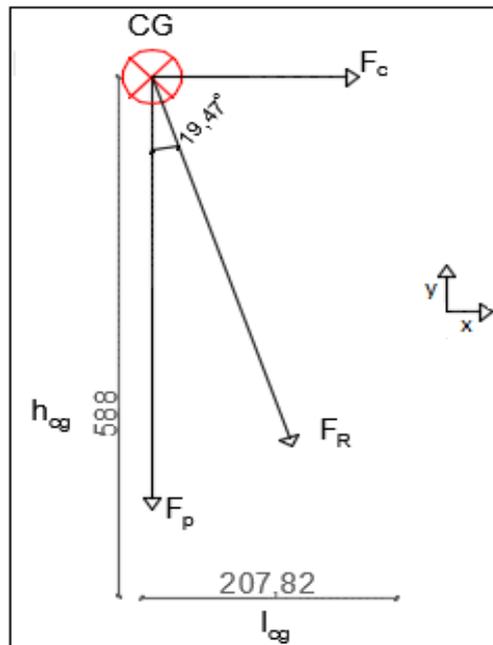


Figura 41 – Representação das forças atuantes sobre o CG, dimensões em milímetros
Fonte: Autoria própria.

F_P = Força peso

F_c = Força centrífuga

F_R = Força resultante entre F_p e F_c

h_{CG} = Altura do CG em relação ao solo

l_{CG} = Distância do CG até a linha de capotamento

θ = Ângulo máximo de abertura entre a F_r e F_p .

Os valores de h_{CG} , l_{CG} e θ , onde θ é o ângulo de abertura entre a força peso e a força resultante do peso e da força centrífuga foram obtidos com auxílio do software *SolidWorks*®.

A equação (4) determina a abertura entre o a força peso e a resultante F_R , e a abertura máxima permita sem que haja risco do veículo tombar é determinada através da equação (5). Em caso de terreno inclinado a equação (5) estabelece o ângulo de inclinação máximo da superfície que o veículo pode trafegar sem sofrer capotamento.

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{h_{CG}}{l_{CG}}\right) \quad (4)$$

$$\theta = \text{tg}^{-1}\left(\frac{207,82}{588}\right) = 19,466^\circ \quad (5)$$

A força imaginária centrífuga é calculada como uma componente da força peso, como mostra a equação (6) e (7). E a aceleração lateral crítica é determinada através da segunda lei de Newton, princípio fundamental da dinâmica, como mostra a figura (8) e (9). Para executar os cálculos considerou-se um usuário de 90 kg, a unidade de tração com uma massa de 15 kg, cadeira de rodas com 15 kg visto que algumas cadeiras comerciais apresentam essa massa, e um possível peso de bagagem de 10 kg, com isso o peso total é de 130 kg (90 kg do usuário, 15 kg da cadeira, 15 kg unidade de tração e 10 kg de um possível bagagem).

$$F_c = F_p \text{tg}(\theta) \quad (6)$$

$$F_c = (130 \times 9,81) \text{tg}(19,466) = 450,60 \text{ N} \quad (7)$$

$$a = \frac{F_c}{m} \quad (8)$$

$$a = \frac{450,6}{130} = 3,46 \text{ m/s}^2 \quad (9)$$

A aceleração lateral crítica pode ser descrita no sistema internacional, metros por segundo ao quadrado (m/s^2), mas também é comum utilizar a unidade g que não pertence ao sistema internacional. Então, a aceleração lateral crítica é de $3,466 \text{ m/s}^2$ ou $0,3536 g$.

Com a aceleração lateral crítica determinada, é possível estabelecer velocidades críticas para deslocamento curvo utilizando o conceito de movimento circular uniforme, equação 10. O Quadro 22 apresenta as velocidades críticas para curvas com raios variando de 0,5 metros até 10 metros.

$$V_c = \left(\frac{F_c \times r}{m} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (10)$$

Fc [N]	m [kg]	r [m]	Vc [km/h]
450	130	0,5	4,74
450	130	1,0	6,70
450	130	1,5	8,20
450	130	2,0	9,47
450	130	2,5	10,59
450	130	3,0	11,60
450	130	3,5	12,53
450	130	4,0	13,40
450	130	4,5	14,21
450	130	5,0	14,98
450	130	5,5	15,71
450	130	6,0	16,41
450	130	6,5	17,08
450	130	7,0	17,72
450	130	7,5	18,34
450	130	8,0	18,94
450	130	8,5	19,53
450	130	9,0	20,09
450	130	9,5	20,64
450	130	10,0	21,18

Quadro 21 – Velocidades críticas referentes ao raio de curva
Fonte: Autoria própria.

6.6.2 Estrutura

Para determinar os esforços máximos e os pontos mais exigidos da estrutura utilizou-se o método de análise elementos finitos (FEA), através do *software ANSYS®*. Optou-se pela utilização do *software ANSYS®* devido a qualidade dos resultados e a forma de apresentação dos mesmos. O programa

mostra os resultados graficamente na tela, facilitando a identificação do comportamento das tensões no componente estudado.

Como todo software de simulação o ANSYS® necessita de uma estrutura adequada para executar a análise, no caso em questão optou-se por extrair os componentes que não afetam a resistência da estrutura, a Figura 42 ilustra o antes (equipamento completo) e o depois (estrutura para simulação) da cadeira de rodas com o conjunto de motorização.

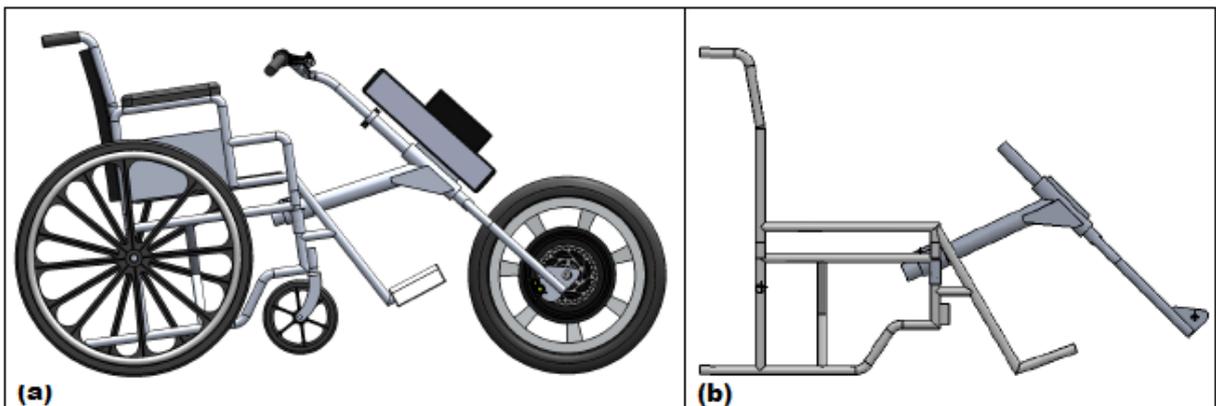


Figura 42 – (a) conjunto com todos os componentes; (b) estrutura tratada para simulação
Fonte: Autoria própria.

Após extrair os componentes que não interferem na resistência da estrutura, inicia-se a preparação da geometria para simulação. Decidiu-se pelo método de análise com elementos tipo casca, que consiste em substituir um elemento sólido por uma casca (superfície superfina). Para construir a casca utilizou-se o recurso superfícies do software *SolidWorks*®, a Figura 43 ilustra a estrutura da cadeira de rodas e do conjunto de motorização com os elementos tipo casca.

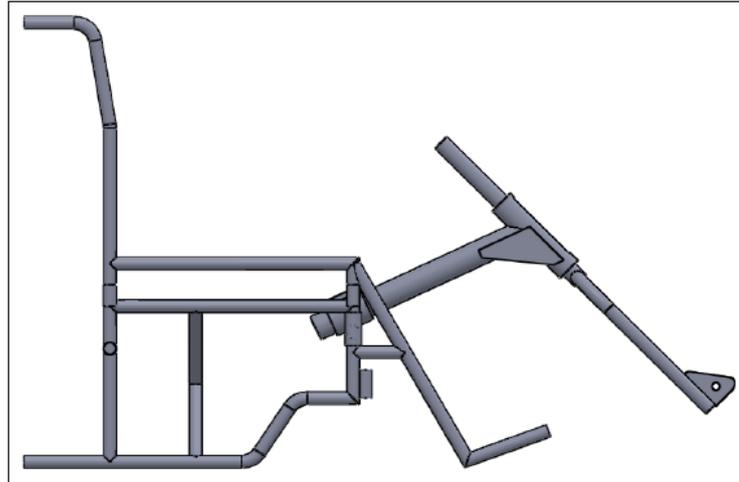


Figura 43 – Estrutura tipo casca
Fonte: Autoria própria.

Com a estrutura devidamente prepara, inicia-se o pré-processamento para simulação, essa etapa consiste em, abrir o arquivo CAD no ambientes ANSYS® Figura 44, definir tipo de análise que no caso determinou-se estático, atribuir espessuras para a casca, definir quais os pontos fixos, ponto de aplicação do carregamento, forma de contato do carregamento com a estrutura.

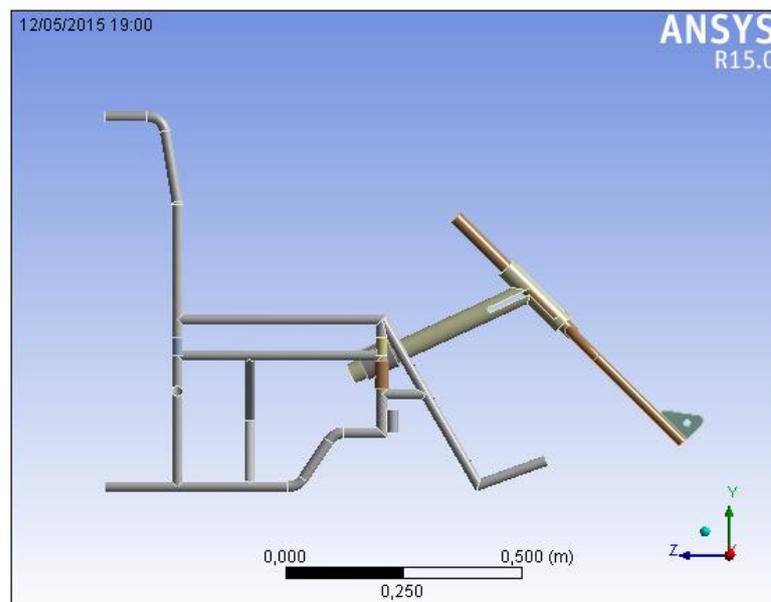


Figura 44 – Estrutura no ambiente ANSYS®
Fonte: Autoria própria.

Por se tratar de um veículo é evidente que o carregamento da estrutura é dinâmico, porém, em virtude da dificuldade de se estabelecer a forma correta do carregamento optou-se por analisar estaticamente. Com isso os esforços máximos reais na estrutura não são identificados, implicando a necessidade de atribuir um coeficiente de segurança elevado para garantir a segurança do projeto.

Como mencionado anteriormente utilizou-se cadeira de rodas de modelo comercial, e a estrutura tubular é de alumínio 6061 T6, com espessura 1,58 milímetro, e a unidade de tração foi dimensionada com tubos de 3,17 milímetro de espessuras de parede e também alumínio 6061 T6, cujo apresenta limite de escoamento de 276 MPa a temperatura ambiente.

Os pontos de fixação denominados *Fixed Support* no ambiente ANSYS®, são atrelados aos pontos de contato do veículo com o terreno, uma vez que os pneus e rodas foram extraídos com objetivo de simplificar a estrutura de simulação, os *Fixed Support* são atribuídos aos eixos das rodas ou peças que tenham contatos com os mesmo, a Figura 45 indica com as letras A e B os *Fixed Support* utilizado na simulação.

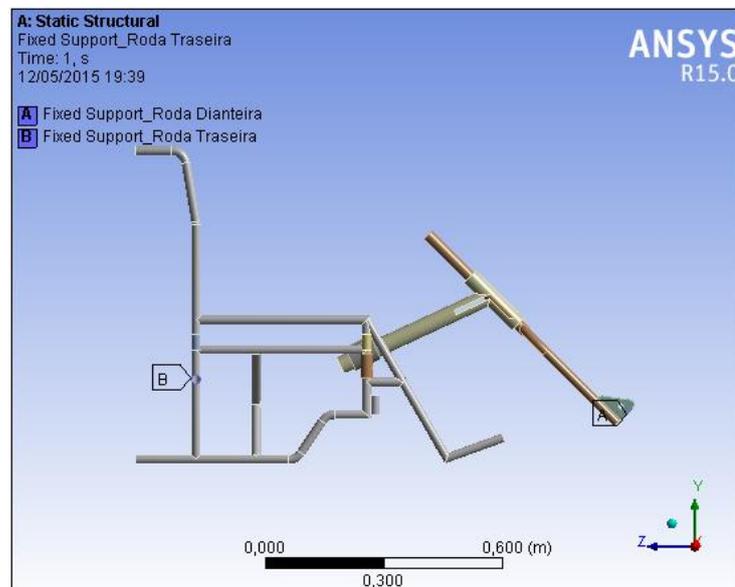


Figura 45 – Estrutura para simulação com os *Fixed Support*
Fonte: Autoria própria.

Como o objetivo é averiguar o comportamento da estrutura e os esforços presente na mesma, faz-se necessário substituir o corpo do usuário pelo elemento

conhecido como ponto de massa, Figura 46, o mesmo representa a massa e os efeitos que o usuário acarreta na estrutura, busca-se posicionar o ponto de massa o mais próximo possível do CG do usuário e na superfície de contato do mesmo com a cadeira.

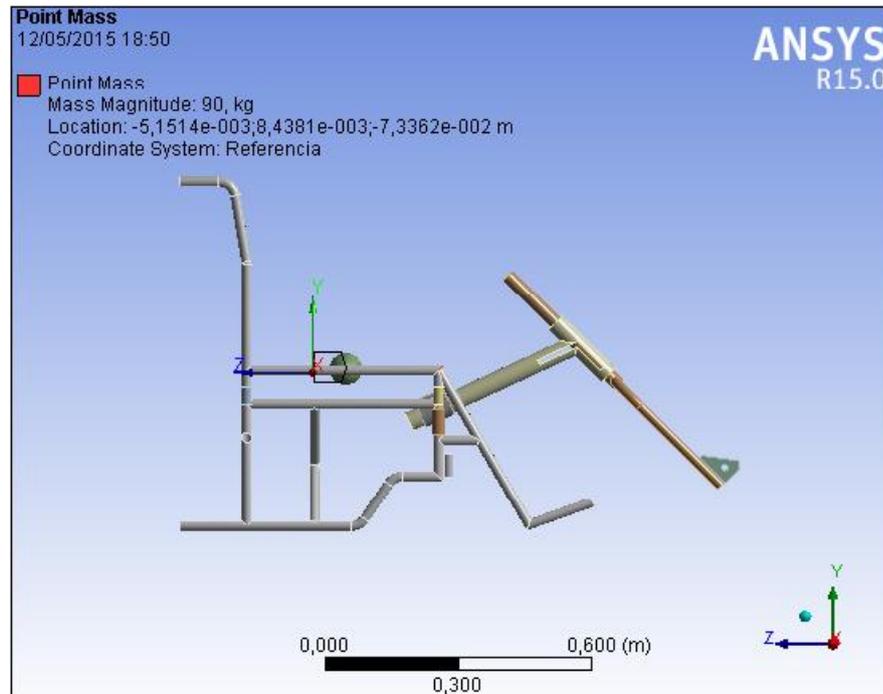


Figura 46 – Estrutura com o ponto de massa já localizado
Fonte: Autoria própria.

Outro passo importante do pré-processamento é realizar a conexão do ponto de massa com a estrutura, busca-se efetuar a união nos elementos que mais se aproxima da realidade, no caso estudado uniu-se o ponto de massa com as barras laterais utilizando *remote point*, que são representados pelas linhas pretas da Figura 47.

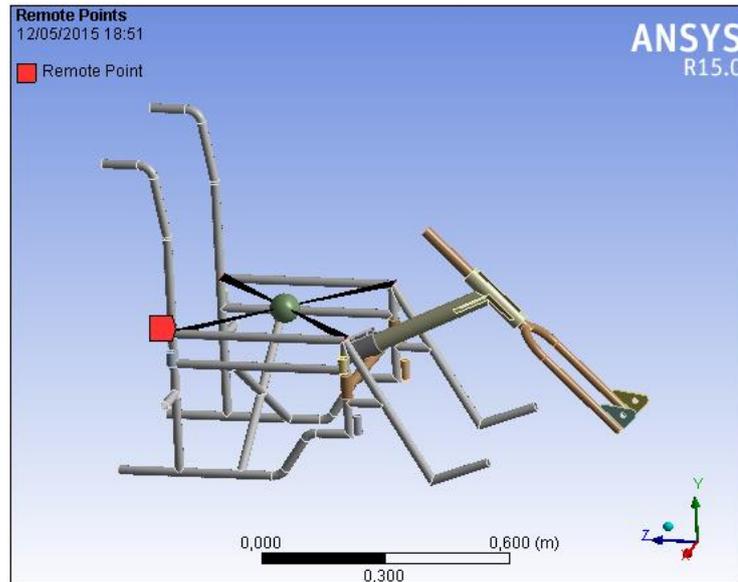


Figura 47 – Ponte de massa unido na estrutura através do *remote point*
Fonte: Aatoria própria.

Com o pré-processamento concluído, inicia-se a etapa do processamento, que é a geração de malha e a execução propriamente dita da simulação. A Figura 48 representa a malha gerada na estrutura, nota-se que a malha atingiu todas as peças confirmando que o pré-processamento foi executado corretamente.

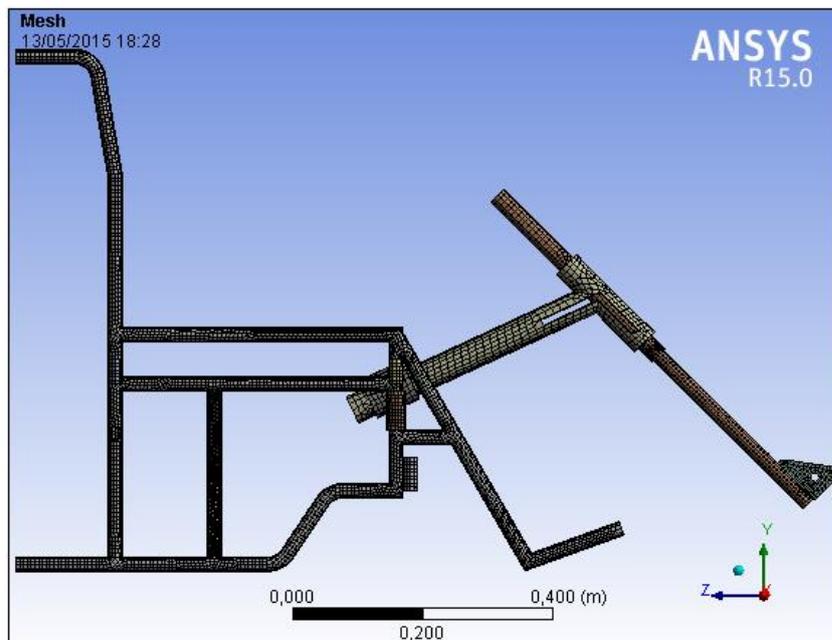


Figura 48 – Malha da estrutura
Fonte: Aatoria própria.

Após gerar a malha executou-se a simulação, denominada *solution* no ambiente ANSYS®, foram selecionados duas variáveis para serem analisadas, a primeira, tensão equivalente de von-Mises que está representada na Figura 49, onde os pontos de maior concentração de tensão estão em vermelho, decidiu-se por este critério devido mesmo apresentar melhor correlação com dados experimentais, e a segunda variável é a deformação total como mostra a Figura 50.

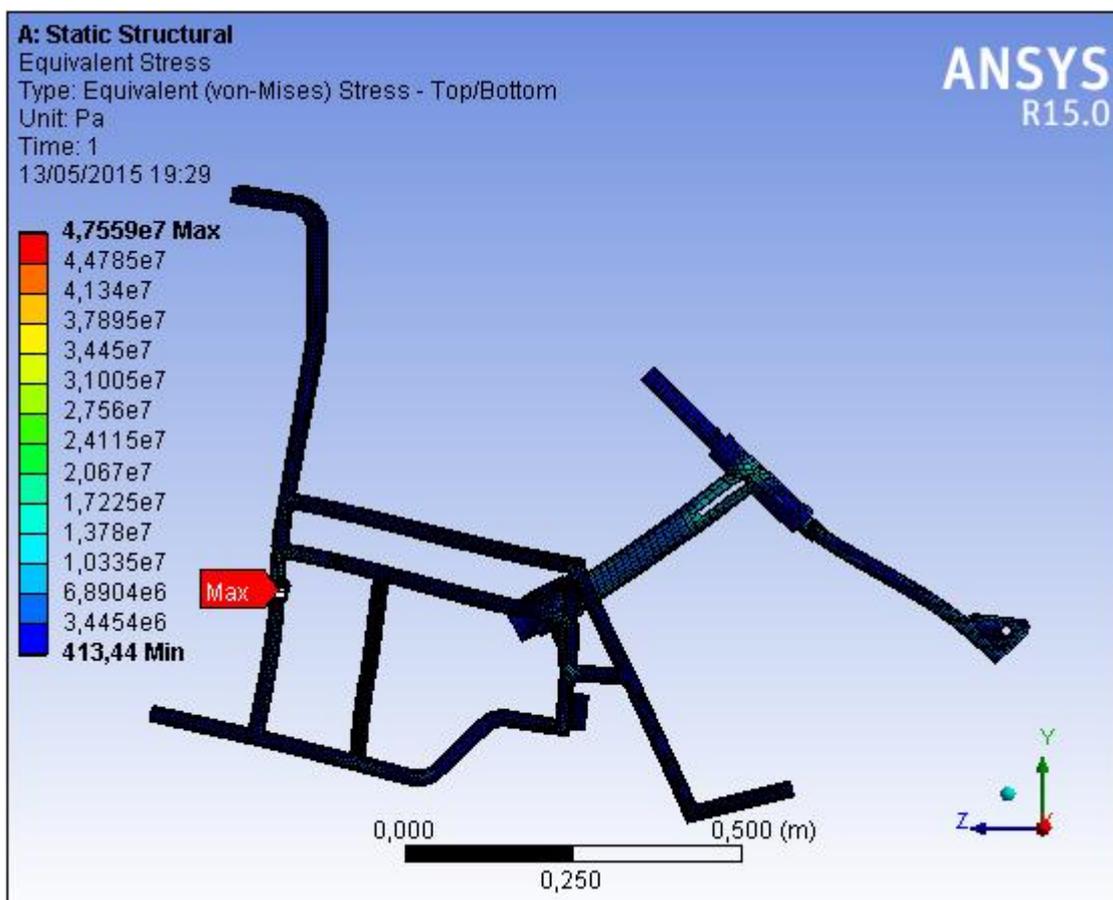


Figura 49 – Comportamento da estrutura quando aplicado uma força referente ao usuário de 90 kg
Fonte: Autoria própria.

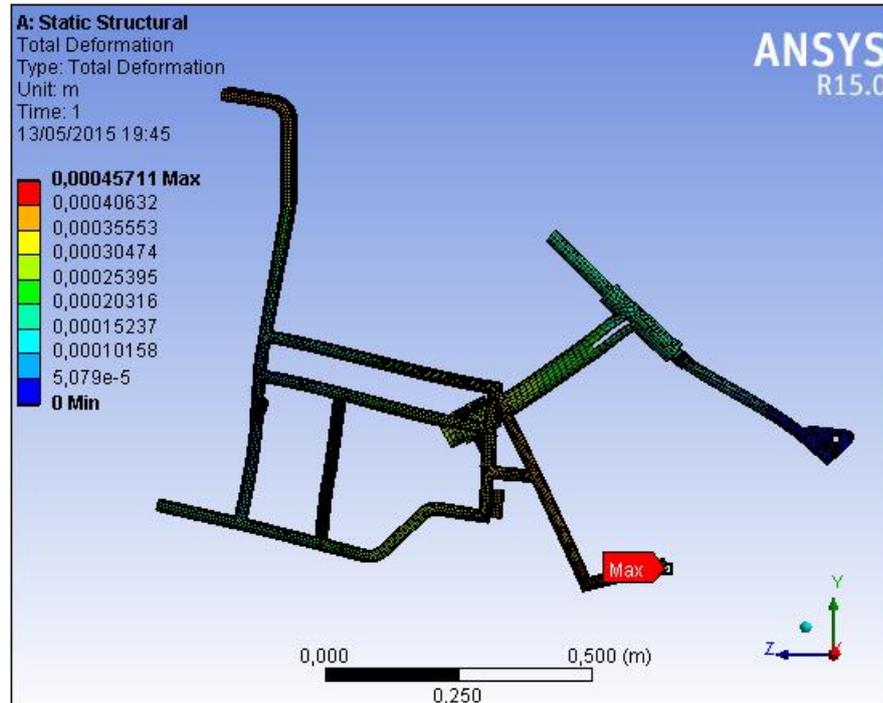


Figura 50 – Deformação total
Fonte: Autoria própria.

6.7 ANALISE E AVALIAÇÃO DE PROJETO

A análise e avaliação do projeto é feita utilizando os resultados dos modelos matemáticos, determinando a falha ou a segurança do projeto, assim toma-se a decisão de prosseguir ou retornar a uma etapa anterior e encontrar a melhor solução para o projeto (NORTON, 2013).

6.7.1 Estabilidade

Como citado na seção 6.6.1, a localização do CG afeta a estabilidade do veículo em situações de curva. Essa imperfeição não inviabiliza o projeto, apenas indica que acima de uma determinada aceleração lateral, o veículo tende ao capotamento. Aceleração no qual se faz presente em situações de curvas, como consequência da velocidade e do raio da curva. Segundo os cálculos efetuado na

seção 6.6.1 acelerações laterais acima de $3,46 \text{ m/s}^2$, o veículo perde estabilidade lateral.

Para condições de terrenos inclinados, o veículo possibilita trafegar com segurança em inclinações de até 19° , sem apresentar risco de capotamento.

6.7.2 Estrutura

No quesito estrutural verificou-se que com um usuário de 90 kg a maior tensão encontrada na estrutura do conjunto, para uma análise estática é $47,1 \text{ MPa}$. Mas vale ressaltar que a tensão máxima está localizada na estrutura da cadeira de rodas, e a mesma é de modelo comercial. Com isso a maior tensão encontrada na estrutura da unidade de tração é de $35,5 \text{ MPa}$, e como optou-se por utilizar alumínio 6061 T6 para fabricação dos componentes, e o limite de escoamento do mesmo é de 276 MPa , a unidade de tração apresenta um fator de segurança de $7,7$. A Figura 51 indica os pontos com maiores concentrações de tensões.

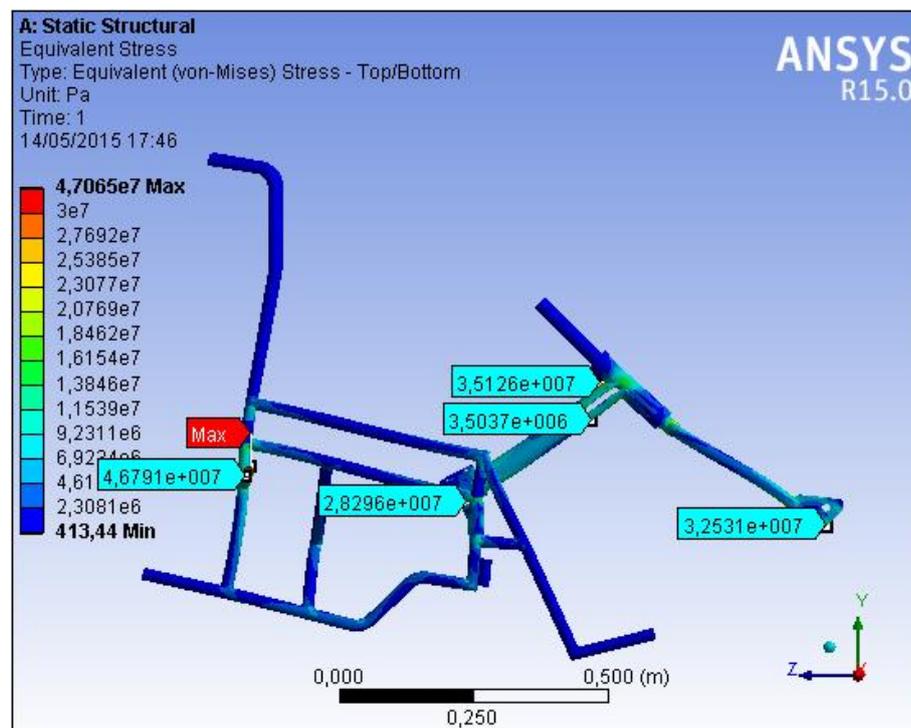


Figura 51 – Maiores tensões presente na estrutura
Fonte: Autoria própria.

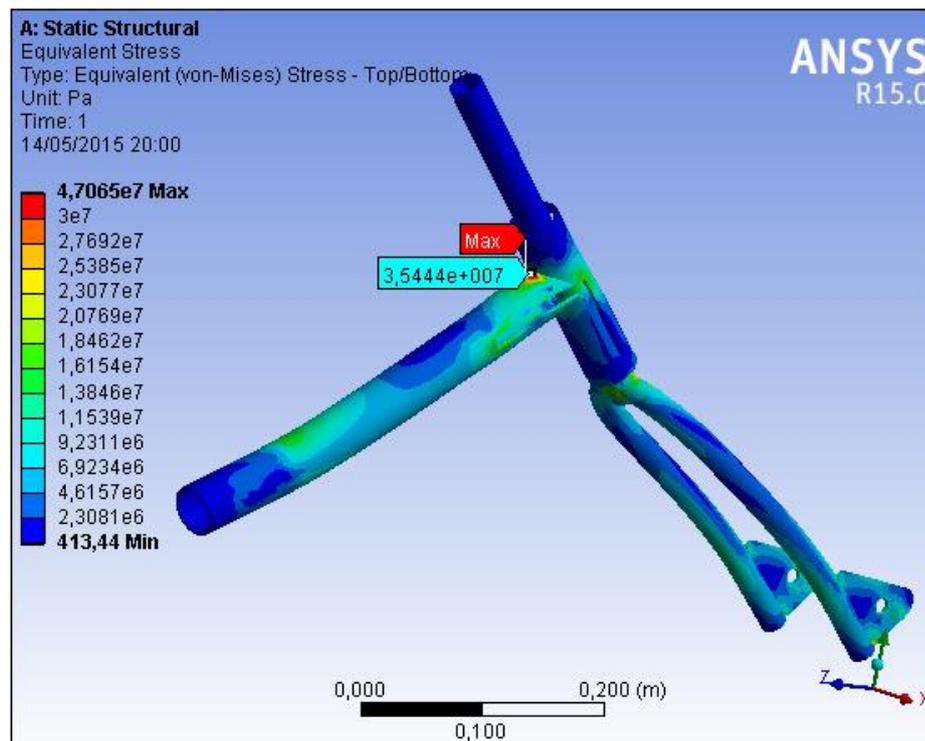


Figura 52 – Maiores tensões presente na estrutura da unidade de tração
 Fonte: Autoria própria.

6.8 DOCUMENTAÇÃO

Solucionar problemas complexos exige uma abordagem organizada. O hábito de documentar hipóteses e decisões de projeto ao longo do trabalho, faz com que o processo de raciocínio do projetista fique registrado, facilitando uma possível iteração ou reprojeto (NORTON, 2013). Quando se trata de projetos de engenharia a documentação deve ser feita através de desenhos detalhados, especificações dos materiais, de fabricação, montagem, entre outros.

As decisões e considerações são listadas referentes às etapas dos projetos conceitual e detalhado.

As definições e considerações do projeto conceitual são:

- Utilização de cadeira de rodas modelo comercial, dispensando a necessidade de projeto da mesma;

- A unidade de tração acoplada na parte frontal da cadeira de rodas, transformando a mesma em um triciclo, como mostra a Figura 53;



Figura 53 – Unidade de tração acoplada na cadeira de rodas
Fonte: Autoria própria.

- Utilização de motor brushless sem transmissão, Figura 54, minimizando os ruídos e vibrações;



Figura 54 – Motor *Brushless*
Fonte: Bicimoto. Bicicletas motorizadas.

- Freio a disco hidráulico, para aumentar a eficiência e a segurança, Figura 55.

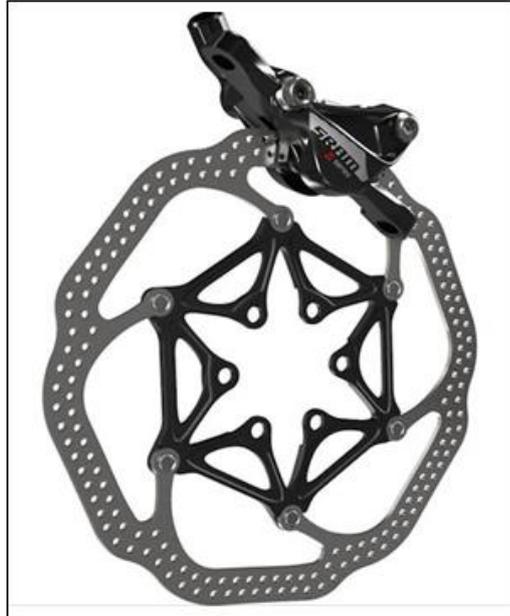


Figura 55 - Freio a disco hidráulico
Fonte: Shimano.

Na etapa do projeto detalhado os itens abaixo foram definidos:

- Simulações dos esforços na estrutura da cadeira de rodas acoplada a unidade de tração, para verificar o comportamento da mesma;
- Nas simulações considerou-se um usuário de 90 kg;
- Afim de elevar a razão resistência mecânica versus peso, optou-se por utilizar alumínio 6061 T6 perfil tubular, com dimensões comerciais;
- Utilização do conjunto de motorização com 800 Watts de potência, semelhante ao da Figura 56, circuito de força, comando e acionadores todos integrados ao conjunto. Além disso, com opcional de controle de velocidade;



Figura 56 – Conjunto de motorização elétrico para bicicletas
Fonte: Bicimoto. Bicicletas motorizadas.

- Ajuste de altura no guidão, para satisfazer uma gama maior de usuários, no quesito ergonomia. A Figura 57 ilustra o protótipo com o guidão em duas posições.



Figura 57 – protótipo representa o ajuste de altura do guidão
Fonte: Autoria própria.

7 CONCLUSÃO

Diante do expressivo número de portadores de necessidades especiais em nosso País, e das reais dificuldades por eles encontradas, faz-se necessária a busca por novos equipamentos que auxiliem no cotidiano dessas pessoas.

Nesse sentido, o presente trabalho traz uma proposta de unidade de tração momentânea para cadeiras de rodas convencionais, a qual auxiliará portadores de necessidades especiais em sua locomoção em ambientes externos.

O Quadro 23 apresenta o comparativo entre as metas do produto e o resultado final do projeto detalhado.

Descrição	Metas do produto	Resultado
Peso da uni. tração	10 - 25 [kg]	14,8 [kg]
Tempo de engate	10 - 40 [s]	25 [s]
Autonomia	2 - 3 [horas]	3 [h]
Vida útil	5 anos	Indefinido
Capacidade de carga	70 - 100 [kg]	90 [kg]
Ergonomia	Ajuste do guidão	Sim
Estabilidade	Posição do CG	Sim
Segurança	Coefficiente de segurança.	Sim
Dimensões	Dimensões reduzidas	Sim
Eficiência	Bateria de lítio	Sim

Quadro 22 – Comparativo entre metas do produto e os resultados alcançados
Fonte: Aatoria própria.

O Quadro 24 confronta as principais características dos concorrentes e do protótipo. O trabalho apresenta o resultado satisfatório no quesito massa da unidade de tração, mesmo fazendo uso de um motor com potência bem superior que os concorrentes.

	Potencia	Tamanho de roda	Sistema de frenagem	Massa da uni. Tração	Carga máxima	Tempo de engate.	Material
Batec Mobility	400 [W]	20 [in]	Freio a disco	13,1 [kg]	90 [kg]	4 [s]	Alumínio
Rollick	220 [W]	16 [in]	Freio duplo V-brake	16,4 [kg]	115 [kg]	22 [s]	Alumínio
Da Vinci Mobility	350 - 500 [W]	20 [in]	Freio a disco	15,5 [kg]	139 [kg]	20 [s]	Alumínio
Pro Activ	150 - 250 [W]	20 [in]	Freio a disco hidráulico	35 [kg]	120 [kg]	40 [s]	Alumínio
Stricker	250[W]	16 - 20 [in]	Freio a disco	17 [kg]	75 [kg]	20 [s]	Alumínio
Viper	350 [W]	20 [in]	Freio V-brake	15 [kg]	75 [kg]	20 [s]	Alumínio
Ws Liberty	350 [W]	20 [in]	Freio a disco	Não informado	140 [kg]	4 [s]	Aço carbono
Protótipo	800 [W]	16 [in]	Freio a disco hidráulico	14,8 [kg]	90 [kg]	25 [s]	Alumínio

Quadro 23 – Comparativo entre os concorrentes e o protótipo

Fonte: Autoria própria.

Como o projeto foi desenvolvido em paralelo a um projeto de pesquisa do núcleo de tecnologia assistiva do sudoeste do Paraná (NTA/SDP), o objetivo de efetuar o pedido de patente não pôde ser atingido, visto que o trabalho não alcançou um nível de inovação suficiente, e também o projeto desenvolvido pelo NTA/SDP ainda não está concluído.

REFERÊNCIAS

- ABERGO. **Associação Brasileira de Ergonomia**. Disponível em: <http://www.abergo.org.br/internas.php?pg=o_que_e_ergonomia>. Acesso em: 18 nov. 2014.
- ADAMCZUK, Gilson O. **Desenvolvimento de um veículo protótipo trike destinado às pessoas cadeirantes ou com mobilidade reduzida dos membros Inferiores**. 2013 26 f. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2013.
- ALVES, A. C. B.; MARRA, E. G.; NERYS, J. W. L. **Introdução ao programa matlab**. Goiânia 2007. Disponível em: <<http://www.eee.ufg.br/~enes/Dados/materialdidatico/Apostila%20MATLAB.pdf>>. Acesso em: 02 nov. 2014.
- ALVES, J. O. **Protótipo de sistema automotor para cadeira de rodas**. 2011. 157 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2011. Disponível em: <http://www.athena.biblioteca.unesp.br/exlibris/bd/beg/33004080027P6/2011/alves_j_o_me_guara.pdf>. Acesso em: 01 nov. 2014.
- ANDRADE, Darizon A.; SIQUEIRA, Daniel S. **Projeto e Simulação da Operação de um Motor de Corrente Contínua sem Escovas**. 2008 10 f. Encontro interno (Seminário de iniciação científica) Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. 2008.
- AOKI, Nelson. **Dogma do fator de segurança**. Escola Engenharia São Carlos - Universidade São Paulo. SP. Brasil 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Normas para cadeiras de rodas [NBR 7176]**. 2009. Disponível em: <<http://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=40123>>. Acesso em: 13 mai. 2014.
- BATEC MOBILITY. **Batec Handbikes**: catálogo de produtos. Barcelona, 2012. 9 p. Disponível em: <<http://www.batec-mobility.com/ehandbike.htm>>. Acesso em: 04 out. 2014.

BOCCHESI, Cássio. **SolidWorks 2007: projeto e desenvolvimento**. São Paulo: Érica, 2008.

D'AVILA, C. E. P., GERTZ, L.C. *et al.* **Estudo de um motor CC brushless aplicado no acionamento de um carro elétrico de pequeno porte**. Revista Liberato - Novo Hamburgo - RS. Brasil 2011.

DA VINCI MOBILITY. **Handcycles e trail riders**. Liverpool: Da Vinci Mobility, 2013. Disponível em: <<http://www.davincimobility.com/#!/handcycles-handbikes/cvck>>. Acesso em: 04 out. 2014.

FÁVERO, E. A. G. D. **Direitos das pessoas com deficiência: garantia de igualdade na diversidade**. 1. ed. Rio de Janeiro: WVA, 2004. Disponível em: <<http://www.visionvox.com.br/biblioteca/d/direito-das-pessoas-com-defici%C3%A4ncia.txt>>. Acesso em: 03 nov. 2014.

FENNER, Patrick. **On the golden rule of trike design**. 2010.

FRANÇA, André L. M.; **Motores elétricos de corrente contínua. 2001**, 120 f. Apostila de motores elétrico. Disponível em: <http://www.cpdee.ufmg.br/~gbarbosa/Disciplina%20de%20M%E1quinas%20EI%E9tricas/Disciplina%20de%20M%C3%A1quinas%20EI%C3%A9tricas/motor_cc>. Acesso em: 19 out. 2014.

GOMES, Jonas; VELHO, Luiz. **Fundamentos da Computação Gráfica**. 1.ed. Rio de Janeiro: IMPA, 2008.

GRIGOLO, Vinicius Eduardo. **Desenvolvimento de um protótipo híbrido frontbike para pessoas com dificuldades de mobilidade**. 2014. 144 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2014.

HIBBELER, R. C. **Estática: mecânica para engenheiros**. 10. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2005.

HOLLIDAY P.J.; MIHAILIDIS A.; ROLFSON R.; FERNIE & G. **Understanding and measuring powered wheelchair mobility and manoeuvrability**. Part I. Reach in confined spaces. Disability and Rehabilitation, 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Censos/Censo_Demografico_2010/Caracteristicas_Gerais_Religiao_Deficiencia/caracteristicas_religiao_deficiencia.pdf>. Acesso em: 1º jun. 2013.

JAZAR, Reza N. *Vehicle Dynamics: Theory and application*. New York: Springer, 2008.

Joan E. Warren. **PREDICTORS OF SATISFIED USERS OF ASSISTIVE TECHNOLOGY**. Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy, College of Natural and Health Sciences School of Human Sciences Human Rehabilitative Services, 2007.

LOMBARD, Matt. **SolidWorks 2010 Bible**. Indiana: Wiley Publishing, 2010.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **Deficiência física**. Disponível em: <http://portal.mte.gov.br/fisca_trab/deficiencia-fisica.htm>. Acesso em: 20 nov. 2014.

NORTON, Robert L. **Projeto de máquinas: uma abordagem integrada**. Tradução: João Batista de Aguiar et.al. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2004.

_____. **Projeto de máquinas: Uma abordagem integrada**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

PATODI, Palash; SAXENA, Vinay; RATHORE, Yogesh. **Review on tadpole design – issues & challenges**. International journal of research in Aeronautical and mechanical engineering. India 2013.

PRO ACTIV. **Bedienungsanleitung crossway**: manual do usuário. Dotternhausen: Pro Activ, 2010. 30 p. Disponível em: <http://www.proactiv-gmbh.de/dokumente/D_BA_Crossway.pdf>. Acesso em: 04 out. 2014.

REIMPELL, Jörn; STOLL, Helmut; BETZLER, Jürgen W.. **The Automotive Chassis: Engineering Principles**. 2.ed. Würzburg: Butterworth Heinemann, 2001. Disponível em: <<http://www.114w.com/p-600790-1.html>>. Acesso em: 7 nov. 2014.

RIBEIRO, Rafael; **AS FUNÇÕES ESTÉTICA E SIMBÓLICA, COMO PRIMEIRO CONTATO ENTRE O EMOTIONAL DESIGN E A MODA**. Curitiba: Coloquio da Moda, 2010.

ROLLICK. **Firefly eletric handcycle user manual**: manual do usuário. San Francisco: Rio Mobility, 2010. 24 p. Disponível em: <<http://rollick.biz/pdf/usermanual.pdf>>. Acesso em: 04 out. 2014.

ROZENFELD, H. *et al.* **Gestão de desenvolvimento de produtos**: Uma referência para a melhoria do processo. 1. ed. São Paulo: Saraiva, 2006.

SHIGLEY, J. E.; MISCHKE, C. R.; BUDYNAS, R. G. **Projeto de engenharia mecânica**. 7. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

SILVA, Gleucia G. **SISTEMAS CAD: UM ESTUDO COMPARATIVO ENTRE OS SOFTWARES SOLIDWORKS, INVENTOR E SOLID EDGE**. 2010. 92 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Foz do Iguaçu, 2010.

SOLIDWORKS, **3D CAD Design**. Versão 2013, Para Windows 7. U.S.A: Dassault Systèmes, SolidWorks Corp 2014.

TRINDADE, Rafael Henrique. **Estudo de máquinas elétricas não-convencionais: Motor Brushless DC**. 2009. 30 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlo, 2009. Disponível em: <<http://www.tcc.sc.usp.br/tce/disponiveis/18/180500/tce-23042010-091439/?&lang=br>>. Acesso em: 10 out. 2014.

ULSENHEIMER, Leomar. **Desenvolvimento de um protótipo off-road motorizado para pessoas com dificuldades de mobilidade**. 2014. 36 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2014.

VÁZQUEZ, Adolfo S. **Convite à Estética**. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1999.

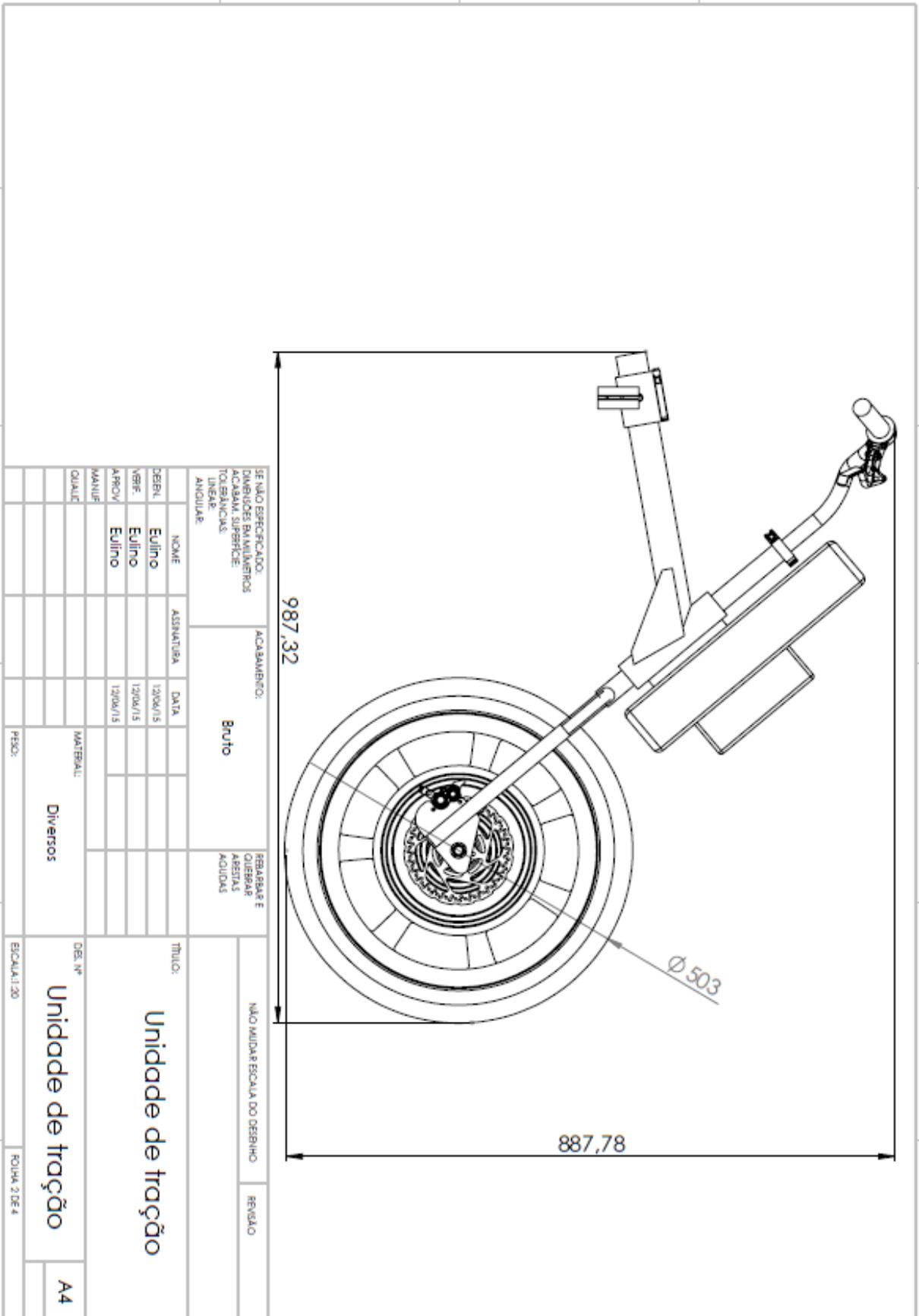
VIANNA, Eduardo F. F. **SolidWorks Básico**. 2006 122 f. Apostila de SolidWorks. Área Tecnológica de Desenvolvimento de Produtos Industriais Núcleo de Engenharia de Produtos SENAI. Salvador, 2006.

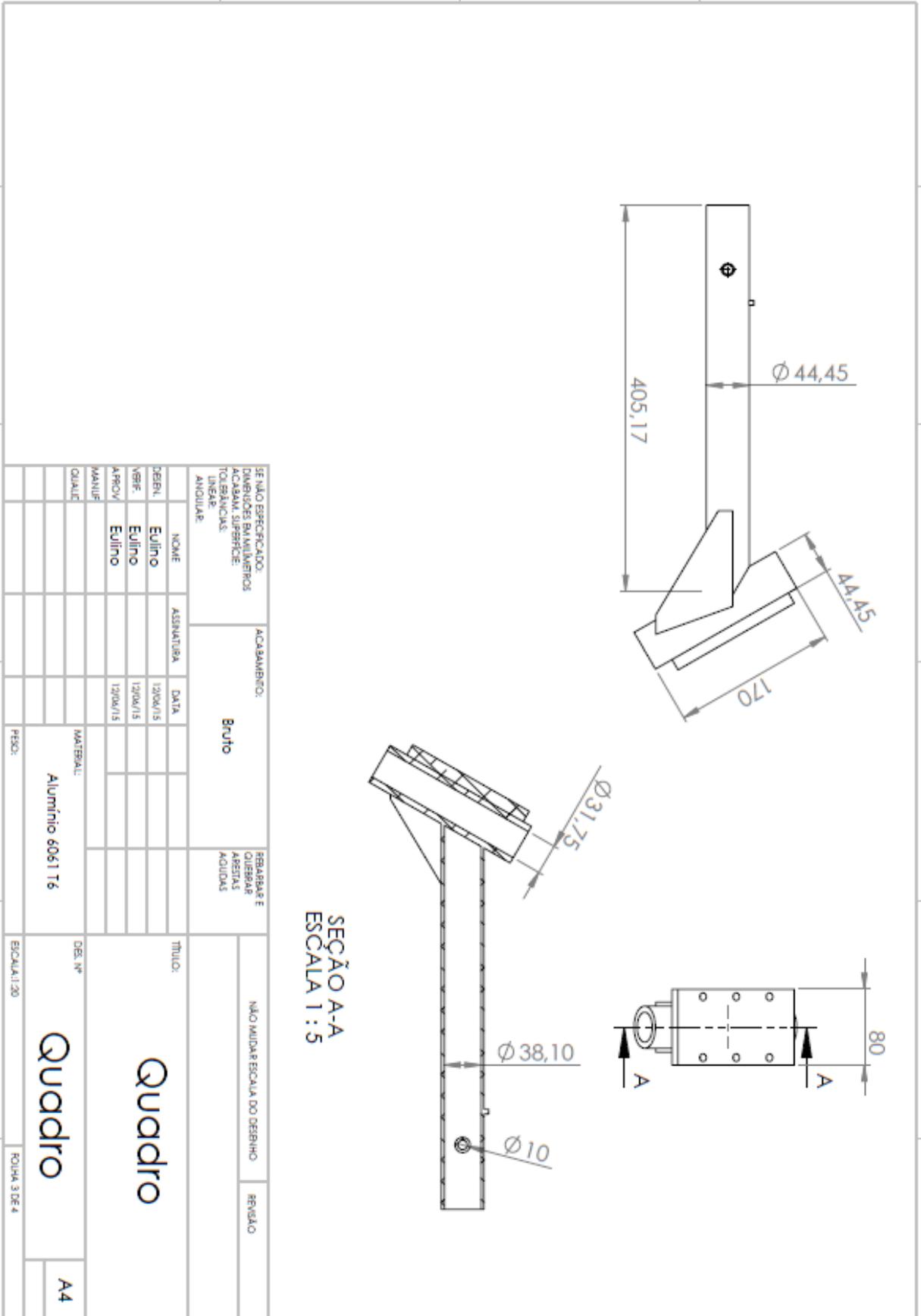
APÊNDICES

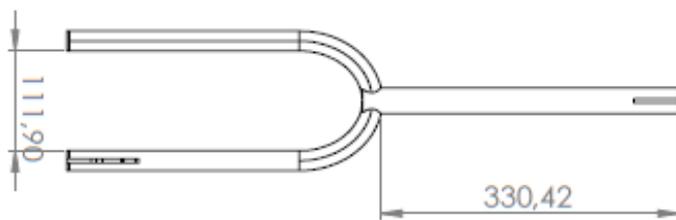
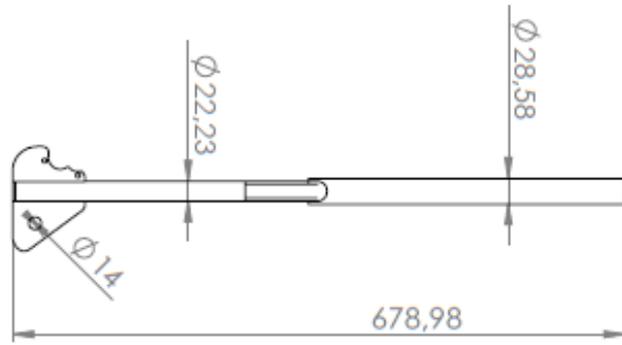
APÊNDICES A – Desenhos de engenharia.

Nº DO ITEM	Nº DA PEÇA	DESCRIÇÃO	QTD.
1	Quadro	Alumínio 6061 T6	1
2	Garfo	Alumínio 6061 T6	1
3	Guidao	Alumínio 6061 T6	1
4	Motor e Roda	Kit de motorização	1
5	Eixo	Aço carbono	1
6	Pneu	Aro 16"	1
7	Bateria	Bateria de lítio	1
8	Luva	Silicone	2
9	Manopla de freio	Modelo comercial	1
10	Manopla de freio	Modelo comercial	1
11	Disc de freio	Alumínio	1
12	Piça de freio	Modelo comercial	1
13	Braçadeira	Braçadeira com blocagem	1
14	Modulo de controle	Kit de motorização	1
15	Trava acoplamento 1	Parafuso com blocagem	1

SE NÃO ESPECIFICADO, DIMENSÕES EM MILÍMETROS ACABAMENTO: ABRASIVO SUPERFICIE TOLERÂNCIAS: LINEAR: ANGULAR:		REBARBAR E QUEBRAS AERIAS ACUIDAS NÃO MUDAR ESCALA DO DESENHO REVISO:	
NOME: Eulino DESEN: Eulino VERIF: Eulino APROV: Eulino MANUF: QUALIC:	ASSINATURA: DATA: 12/06/15 12/06/15 12/06/15	TITULO: <h3 style="text-align: center;">Unidade de tração</h3> DES. Nº: <h2 style="text-align: center;">Unidade de tração</h2> ESCALA: 1:20 FOLHA 1 DE 4	
		MATERIAL: Diversos	A4







SE NÃO ESPECIFICADO: DIMENSÕES EM MILÍMETROS ACABAM. SUPERFICIE TOLERÂNCIAS LINEAR ANGULAR			ACABAMENTO: Bruto		REBARBAR E QUEBRAR ARESTAS AGUDAS		NÃO MUDAR ESCALA DO DESENHO		REVISÃO	
DESENH.	NOME	ASSINATURA	DATA				TÍTULO:	ESCALA:	FOIHA:	DE:
01	Eulino		12/06/15				Garfo	1:20	1	
02	Eulino		12/06/15							
03	Eulino		12/06/15							
MATERIAL:				Alumínio 6061 T6		DESENHO Nº		Garfo		A4
PESO:						ESCALA:		1:20		FOIHA 4 DE 5

APÊNDICES B – Transcrição do grupo focal.

Transcrição do Grupo Focal

29/10/2014

Gilson Adamczuk: Primeiramente dar as boas-vindas e agradecer assim de coração pra vocês por que realmente esse projeto nós temos algumas expectativas, né, e entendemos que para a região, para a universidade, que ele possa futuramente fomentar coisas maiores que é o projeto trike em si. Então, é, na verdade a Sandra eu não conhecia, o os outros aqui todo mundo me conhece mas eu sou o Gilson Adamczuk, né, que, para diferenciar aqui do Gilson Ditzel.

Gilson Ditzel: Tem uma plaquinha só por que o nome é o mesmo, hahaha.

Gilson Adamczuk: Eu sou engenheiro mecânico, e de uma forma não digo acidental, mas uma série de fatos acabou com que eu me tornasse o coordenador do grupo nascente de tecnologia assistiva aqui da UTFPR. Esse nascente significa para efeito de CNPq, que nenhuma patente foi depositada, então assim, para nós deixarmos de sair dessa categoria nascente e passarmos para uma categoria acima que é em consolidação, se não me engano, nós precisamos ter um depósito de patente, e aí nós conseguiríamos, podemos conseguir né, recursos no CNPq, um montante bem maior para poder fazer projetos mais abrangentes. Então assim, a nossa prioridade zero, tanto que a gente nem divulga muito o núcleo, é realmente avançar com o projeto da cadeira e conseguir o depósito de patentes. Uma coisa que me alegra é que o pessoal já tem lá uns depósitos de patentes no grupo de pesquisa. É, aí não sei, o Gilson Ditzel quer se apresentar.

Gilson Ditzel: Não, também. É, bem rapidamente, só, eu também sou engenheiro eletricitista, de form... de graduação, mas tenho mestrado e doutorado em administração e trabalho com gestão de inovação. E nós, eu fui parar aqui nesse projeto primeiro por que nós temos aqui dentro da UTF, né, o grupo de eficiência energética, que o Bruno participa, um dos alunos, e eles trabalham com... com... é, eles desenvolvem veículos, né, com a estrutura metálica e motores elétricos e de combustão. E, e que são componentes que cabem na cadeira de rodas, então nós fizemos, até quem teve essa ideia de começar com o projeto da cadeira de rodas foi

o... foi o Genaro, né, que é um dos mentores do grupo de eficiência energética, então, é, e essa... Então a gente fala assim, que as vezes os... os carrinhos lá que a gente chama, eles parecem uma coisa muito mais lúdica, né, e apesar de que tem todo o lado científico por trás, mas é, e daí nós vimos na cadeira de rodas algo que é extensão, né que é realmente assim atingir diretamente a comunidade externa, né, com algo que possa resolver problemas da vida de pessoas, né, de uma maneira mais direta, não que a eficiência energética não possa fazer isso, mas na cadeira de rodas é mais direto, e usando essas tecnologias que eles desenvolvem e usam nos carrinhos, né, e, e, a ideia desse, desse, grupo que o Gilson tava falando de tecnologia assistiva, envolver professores né, também aqui dentro que tenham interesse de pesquisa nessas áreas né que possam ajudar no desenvolvimento né, não só de, de cadeira de rodas, mas como outras, outros dispositivos e aparelhos que sirvam como tecnologias assistivas, então a princípio nós começamos com cadeira de rodas, que o Gilson falou, quer dizer, você pode evoluir para outras áreas, é, então, daí o nosso, o nosso, nós trabalhando aqui, nós dois, nossas expectativas nesse grupo é na área de gestão, eu na área de gestão da inovação e o Gilson na área de desenvolvimento de novos produtos, então que, que, e daí nós chamamos vocês para trocarmos né conhecimentos aí que nos ajudem a, como o Gilson falou, desenvolver melhor um protótipo que realmente seja algo que possa trazer benefícios para a comunidade aqui de, principalmente no sudoeste, né, com a visão nossa aqui do que pode ser melhorado.

Gilson Adamczuk: Assim, um breve histórico né, então, esse, o projeto Trike, a gente continua chamando de projeto Trike, ele... Acho que uns dois anos atrás, dois anos e meio a Tangriani, a diretora do câmpus, ela fez uma solicitação, acho que ao Genaro, no sentido de desenvolver algo voltado para as pessoas portadoras de necessidades especiais, é... Dessa solicitação feita ao Genaro, de, de organizar com as equipes de eficiência, o aluno Vinícius Grigolo fez um TCC, desenvolveu um TCC, é, nessa área e desenvolveu um protótipo aqui que vocês estão vendo, é, com base nessa experiência e todo isso que nós tínhamos, as equipes de eficiência, então o Genaro nos procurou, acho que foi no final de 2013, por que havia uma chamada no CNPq, né, para tecnologia assistiva, nós sabíamos que esse protótipo era um protótipo inicial, um protótipo, é, preliminar, nessa chamada nós tínhamos então a possibilidade de pegar recursos pra capital, e desenvolver algo que

realmente, a, fosse viável técnica e economicamente, né. Então qual que é o propósito desse trabalho de hoje, que nós pretendemos algumas ideias com vocês: é tomar a opinião do grupo aqui, sobre duas opções distintas de cadeiras de rodas, duas categorias, ou até uma terceira que vocês possam sugerir, é, levantamento de necessidades dos clientes, que em PDP nós dizemos que tem as necessidades, uma coisa mais subjetiva né lá de quem vai utilizar, e existem os requisitos do produto que vão atender essas necessidades, né, essa transformação das necessidades em requisitos ela é feita dentro do processo de PDP, é, na verdade nós tínhamos já a ideia de fazer um trabalho quantitativo direto com os cadeirantes e um dos objetivos desse trabalho nós não nos sentimos seguros, né Ditzel, para fazer essa pesquisa quantitativa sem primeiro conversar com os especialistas, é, após esse trabalho com vocês nós queremos então aproveitar esse trabalho, utilizar essa experiência que nós estamos tendo hoje, para fazer, ajustar um questionário uma validação quantitativa das necessidades, e priorização pelos potenciais usuários, por que a priorização é importante né, então, é, pegar lá o exemplo de um veículo, um acionamento lá do comando elétrico, isso é importante para o usuário, isso é importante e se investe naquilo, se não é importante não é que não se invista, mas vai botar esforço em áreas, em pontos do veículo que são mais importantes para o cliente. Isso torna o produto mais vendável, né, mais, mais viável sob o ponto de vista do... Mais atrativo, né, do cliente. Então, vocês integrantes desse grupo focal que é o que nós chamamos essa técnica, receberão esse questionário posteriormente não para respondê-lo, mas para avaliá-lo. Sim por que nós já temos aqui os extratos, os constructos, para esse questionário, mas vocês vão receber, vão avaliar e vão dizer: não, esse... Vão dar opinião, acho que o Ditzel já fez esse tipo de atividade, né, para avaliação do instrumento. Então o propósito geral do projeto CNPq, então é desenvolver e patentear um produto acessível e que melhora a mobilidade dos cadeirantes, é, mas não todos os cadeirantes, uma categoria de cadeirantes que tenha mobilidade dos membros superiores, então tem várias categorias de PNS, a categoria para a gente seria essa. [A seguir são apresentadas as regras do grupo focal aos demais membros e estes em seguida apresentam-se].

Roberto Yamada: Sou formado em medicina pela UFPR, especialidade em: urologia, pantologia e acupuntura.

Robson Gonçalves Trentin: Sou engenheiro mecânico pela UFSC, especialidade: projeto de equipamentos de máquinas, projetos e detalhamento de componentes mecânicos.

Emerson Giovani: Sou formado em engenharia elétrica, com graduação, mestrado e doutorado na área de controle de processos. Pesquisador e coordenador do mestrado em engenharia elétrica.

Sandra: Olá, eu sou fisioterapeuta pela Unesp, especialização em deficiência física pela Unicamp, doutorado na Espanha com vínculo a USP em dinâmica do biomovimento humano.

Bruno: Eu sou acadêmico de engenharia mecânica da UTFPR, com a graduação voltada para construção de protótipos de eficiência energética.

Gilson Adamzuk: Qual a opinião de vocês sobre a importância de um produto dessa natureza (cadeira de rodas voltada para pessoas com a mobilidade dos membros inferiores reduzida)?

Gilson Ditzel: Esta pergunta é voltada aos membros da área clínica.

Sandra: Não tem importância e tem... E teria que ter visto uma diferenciação, por que quando você diz assim mobilidade do membro superior, eu tenho níveis de tronco comprometido também mais ou menos, para quem sobra membro superior, então as vezes é uma paraplegia muito alta que poderia dificultar por causa do equilíbrio do tronco mas é bem trabalhado, elas têm uma condição depois, principalmente se ela for acoplada com um dispositivo muito fácil, e conforme eu desço né, nos níveis para a parte inferior, me sobra mais equilíbrio de tronco então aí a facilidade é muito maior, então eu acho que também teria que ser visto isso, talvez não por que as vezes a gente usa sinto para manter a pessoa com o equilíbrio, né, e eles tem uma dificuldade para fixar, se for alta a paraplegia, né, por que tetra não vai ser então, membros superior livre. Então isso que seria, teria que talvez ser visto, mas uma fixação de cinto, mas no geral, mesmo assim, quem não é totalmente para e tem algum comprometimento de membro superior hoje em dia, maneja uma cadeira muito bem, sobrando assim, uma extensão de punho, eles

manejam muito bem, só que a instabilidade de tronco aí é maior, então teria que ter um acessório, né, e eles...

Robson Gonçalves Trentin: Só uma ressalva, aqui vocês estão focados no tribike... trike, é que eles não estão ciente do que é o trike né...

Sandra: É extremamente interessante, por que já existe e o pessoal já usa bastante, e isso dá uma acessibilidade muito maior, e uma independência muito maior. É, não sei se é isso...

Roberto Yamada: É... Acho que realmente é mais acessibilidade mesmo, né, porque... Toda vez que a gente vai mesmo que possa ser, indiferente da patologia, neste caso a dificuldade da mobilidade, é a autonomia de se poder locomover sem outras pessoas. Eu acho interessante, claro que você está focando talvez num deficiente, mas outra coisa, uma expectativa melhor. Então esse produto pode ter um outro perfil, um outro segmento, que é o idoso. Até no futuro, não precisa ser nem doente, é... Mas como tem uma certa dificuldade e tal, pela idade, ele também no futuro pode ser usado para essas pessoas também. As vezes tá focando para um ou para outro, mas tem derivadas também, né, da mesma maneira que a professora falou, teoricamente o que eu imaginei que vocês "tavam" pensando apenas para paraplégico, o cara tem tronco funciona bem, mas em diferentes graus. Mas também é possível também, dependendo do nível, é só ter cinto, é só uma questão de ter segurança, é que nem um parque de diversões, a gente tinha as rodas gigantes, os troço lá, que não tinha nem sinto e ficava assim... Então hoje, teoricamente tu tem que ter uma certa segurança, não que vá pifar alguma coisa, mas assim... Então, eu acho que, é... Parte de autonomia para a pessoa... A intenção também eu acho que é para tentar fazer um produto entrar, para nacionalizar, com o custo mais acessível né, então você vai conseguir acessibilidade, vai ter mais acesso, pelo custo.

Gilson Adamzuk: Então com relação as opções, vocês conseguem enxergar... É... Nenhum dos dois produtos é um produto definitivo, é só para você ter uma ideia do que é que era o projeto original que foi para o CNPq, e qual que seria a alternativa que nós temos hoje, estamos considerando também. Então, a... O que foi enviado para o CNPq, com base no projeto do Vinicius, era que se construísse não só a parte frontal, mas a cadeira de rodas também, que o objetivo era um conjunto que

também fosse desmontado, e que pudesse transitar em vias públicas. Né, então que pudesse, é... O deficiente lá, sair da sua casa e pegar uma via pública, né, a rua, e ir lá para o centro da cidade, é, fazer as suas coisas, chegasse lá e desacoplava, né, e teria essa cadeira para se movimentar. Um dos argumentos lá do Vinicius, era com relação a falta de padrão, que são vários modelos de cadeira, que talvez não fosse adequado para ter somente o acessório frontal. É... De lá para cá nós vimos que também além, né, o que que seria a alternativa, a alternativa, inclusive da própria apresentação do TCC do Vinicius, eles colocaram o seguinte: que pra eles, que no momento que a gente considerou essa segunda possibilidade, é... De nós não construirmos a cadeira de rodas, uma cadeira de rodas comercial, aí claro que a gente vai ter estudar quais são as cadeiras de rodas que seriam compatíveis com esse, e que pudessem ser utilizadas com segurança, e somente então propor essa parte da frente, que nós chamamos de handbike, ou a parte frontal do trike. Então, a questão é essa... Então, e esse produto aqui ele não seria para circular em vias públicas, a concepção, além de ser somente a parte frontal, então o deficiente lá, a pessoa com dificuldade da mobilidade acopla essa parte frontal e se desloca, mas considerando que, que nas vias públicas, existe a acessibilidade nas calçadas, que... A... Que existe alguns complicadores de se movimentar nas vias públicas, né, que entra aí a categoria triciclo, tem que ter placa, uma série de coisas relativas a parte de deslocamento, né. Mas as duas alternativas elas existem, e ainda estão sendo consideradas, e nós gostaríamos de uma opinião de vocês nessa que é para todos né Ditzel, todos podem responder, o que vocês entendem o que seria melhor, dentro dessas duas alternativas, e até o que vocês acham que poderia ser uma terceira. Tá clara a colocação?

Roberto Yamada: É, aí é o seguinte: vamos imaginar como é que... São duas realidades distintas, né. Uma é você utilizar em via pública, então se for em público você tem que teoricamente praticamente um triciclo, legalizado para poder entrar conforme a regulação, se não não dá para andar. Né, legalmente falando, um produto que você vai ter que lançar no mercado que tem que ser legal. Então isso aí eu acho meio difícil. Por que aí você vai observar: acaba concorrendo com os triciclos normais, que eu acho que já exista e que podem ser, ou o quadriciclo, se bem que aí também não pode, dá Honda tem um quadriciclo e é proibido para circular, eu não sei o porquê, mas por que é de pequeno porte. Não sei se um triciclo

pequeninho iria entrar na categoria desse quadriciclo aí. Não sei por que o Detran não tem esse quadriciclo, não permitido andar na rua. E aí, se partir para a parte só interna, né... Com acoplamento lá, também tem. Outra que poderia ser também, uma bicicleta, alguma coisa, você tentar fazer algum mecanismo na roda, sem ter um negócio na frente, ele viria como se fosse uma cadeira elétrica, mas com um negócio embaixo. Aí não é triciclo, aí já sai do foco do trike, você precisa estar direcionando. Sistema acoplado na cadeira já, não precisa montar e desmontar, partindo do princípio que já exista cadeira elétrica, com um “manchezinho”, é a mesma coisa, só que a condução que fica meio igual. Aí você aproveitaria a mesma cadeira, só acoplaria num sistema diretamente na cadeira. É... aí poderia ficar fixo já, direto. Não precisa ficar montando e desmontando. Eu na minha... Para ti acoplar e desacoplar, é meio complicadinho, na minha cabeça, no meu pensamento, tá. Você vai fazer, que nem esse negócio de acoplar e desacoplar, a dificuldade, de quebrar, eu particular não gosto, 3 em 1, se quebra um, tu troca os três. Então é melhor ter um, dá um trabalho inteiro. Se você for, eu acho que não precisa montar e desmontar, é, você montaria a primeira vez, vai ter uma cadeira de rodas e eu vou te adaptar um sistema para virar motorizada, que tem que ser retirada. É... Mas aí... (...) Então, mas... (...) Mas eu acho que se fosse só acoplaria e já viraria, é, elétrica e o cara vai, por que, aí também tem que pensar. Sugestão: sem a terceira roda, e adaptar definitivamente uma cadeira normal sem ficar tirando e colocando, vai adaptar a primeira vez, e acaba transformando a cadeira em uma cadeira elétrica, ou motorizada, sei lá. Tu adaptas uma vez. Eu não vejo particularmente esse negócio de ficar colocando e tirando, dobra e desdobra, claro, por isso que existe também a portabilidade, por isso que existe também, eu particularmente não... Eu acho que dá muito trabalho, eu acho que é um negócio que se tem que fazer...

Robson Gonçalves Trentin: Eu acho que a questão dá... De tirar a roda dianteira, ela vai afetar a dirigibilidade, não daria muito certo né, que aqui eu acho que aqui é mais ou menos a proposta deles né. Por que essa que não tem isso é bem lenta né, devagarinho, que o cara vai ali no manche, no “manchezinho”, controla de um lado para o outro né. Agora imagina a velocidade que vai ter esse daqui e o cara controlando sem o pneu dianteiro, não vai funcionar. Vai ser praticamente só para usar dentro de casa. Talvez a ideia de deixar, a ideia motorizar atrás, me parece uma ideia interessante também. Fica mais leve o conjunto na frente, botaria o motor

atrás e tira todo esse peso da frente, de... De... Da bateria de repente, na parte traseira, quem sabe seria interessante, mas deixar ainda o pneu dianteiro. Eu acho que é uma ideia a ser estudada mesmo. Que a ideia de motorizar de frente, pode motorizar atrás. Eu acho que o que seria mais viável seria a segunda alternativa, que a primeira ali, realmente, botar na rua, disputando com o carro, acho que nem daria para abrir essa opção. Pelo menos no primeiro produto, seria uma situação... Acionamento fora da roda dianteira, teria que se estudar, por que se você acelera atrás a tendência é subir a frente, mas... Se mexer com o centro de gravidade eu acho que consegue, você vai botar dois motores... Tem que ser um no meio né, acionando as duas rodas ao mesmo tempo. E gera mais dificuldade. Dá para simular, pela aceleração, teria que ver, teria que ver, não é tão direto não, mas acho que é possível.

Emerson Giovani: Bom, eu acredito que assim né, mais ou menos analisando alguns pontos né, eu vejo as... o nível, como um tudo né, se busca a compactação e integração dos produtos de forma a se tornar cada vez mais a... Digamos assim, natural né, quase que um corpo, do próprio corpo, os smartphone e outras tecnologias, né. Uma cadeira de rodas, por mais que ela não seja vestível, ela vai ser... O usuário, me parece que ele vai querer alguma coisa nesse sentido. Que não seja um "trambolho" né, tão grande para ele, né, que precise depender disso aí. Então a grande... Então, né... Fazendo alguma pesquisa rápida, percebesse que a maioria quer um dispositivo que seja portátil, mas que seja, digamos assim: ah, eu quero entrar num carro, então tem que ser dobrável o mais facilmente possível, aperta um botão e de repente ele se encolhe, né... Então quer dizer, o nível de compactação também, então eu acho que em vários sentidos, daí tem que ver quais das opções que se consegue se atingir isso, né. Tem cadeiras que se hoje digamos, somente as quatro rodas, as traseiras e duas menorzinhas, tu consegue reduzir o atrito a um nível bastante pequeno, até, dependendo a disposição, mesmo motorizadas. Então opa, a gente percebe assim que se tu olhar na internet, tem centenas de opções assim, centenas de modelos diferentes, especificidades, umas mais longas até para evitar o efeito de empinar, mas que tem vantagens, cada uma tem suas vantagens, mais ou menos. Uma mais portátil, outra mais... A questão da autonomia, ela vai... Diretamente em relação ao (?) elétrico, vai mudar em relação a potência do motor, a potência da bateria, vai, são vários quesitos que vão influenciar

em relação a autonomia. De distância possível a ser percorrida e velocidade também que ele pode ir nessa mesma distância, né. De usabilidade eu acho que teria diversas formas de se implementar, tanto de duas rodas, ou de quadro rodas. É só nós lembrar que o segway, de 7 a 8 anos atrás e não causou tanto espanto que todo mundo imaginava, aquela coisa né, dizia-se que ia mudar o mundo, e não mudou tanto assim. Mas, é uma tecnologia tranquilamente conhecida, até comentei com os meus alunos de iniciação científica, de graduação aqui, o pêndulo invertido, que funciona muito bem. Então quer dizer, é só controlar o torque do funcionamento do motor, tanto que do motor elétrico é controlado né, o controle de torque me permite trabalhar em duas rodas e mesmo que tente cair ela não vai cair, mesmo em duas. Então quer dizer, com três seria mais simples ainda, né. A gente faz simulação, eu acho que o MatLab né, acho que merece um estudo mais aprofundado do ponto de vista de número de rodas, enfim, a posição do elemento atuador em si né. Por que hoje nós temos rodas que são integradas já com todo o motor, bateria, tudo integrado dentro da própria roda, né, inclusive drive, tem lógico, tem uma situação de controle, existe para se fazer alguma coisa pequena para se colocar fora da roda, né, então não seria um problema tão grave, poderia botar uma só, ou nas duas rodas, depende do nível de ajuda que tu quer né, totalmente autônomo, né, tem bicicletas que você precisa dar uma forcinha, tem bicicletas que é uma moto entre aspas, você só acelera como quiser, então as duas coisas são viável. Mas, até por velocidade, mais velocidade, se fosse automatizar as duas rodas, né. Então tem diferentes formas de se implementar, e eu acho que tem, requer um estudo mais aprofundado para ver qual a melhor opção, tem muita coisa a ser feita que não está no mercado, em termos de inovação eu acho que a gente poderia pensar em uma série de possibilidades aí né desse tipo, ah... Eu acho que, sinceramente, olhando assim, me parece que as duas alternativas, digamos, a ideia de colocar um elemento na frente facilita, talvez barateie, talvez o custo até inicial, facilite ter uma cadeira de rodas convencional com o uso de um acessório, mas depende do público, que seja mais de baixa renda, talvez, que seja de fácil acesso, tenha mais colocação. Agora, talvez até tenha um recurso para investir em cadeira de rodas, não é qualquer um que vai ter, com certeza né, talvez ele queira algum produto esteticamente mais, até mais apropriado. A gente vê, pela internet, cadeira de rodas, modelos praticamente um jatinho, entre aspas. Então tem toda uma

solução diferenciada. Talvez tenha que se pensar em vários aspectos, eu acho que, até uma questão de layout, design deveria se pensar, né.

Robson Gonçalves Trentin: Mas para a questão de controle, tu poderia automatizar só atrás e...

Emerson Giovani: Poderia ter as duas pequenininhas né, inclusive eu vi, se não me engano na internet os vídeos, só para apoio as duas pequenininhas, e na hora de velocidade trabalhava só com as duas, que é o princípio do segway, diminuir o atrito, até o tamanho das rodas, né, lógico, com três rodas não teria esse problema. Motorizar as duas atrás, tração nas duas atrás.

Sandra: Olhando dessa forma, eu acho que tanto em uma quanto na outra, ele teria dificuldade, por causa da parte, não sei, como chamaria o meio ali... Aquele... Aquela parte preta ali. É! Um chassi. O que eu vejo, o que eu vi assim: uma senhora com artrite reumatoide extremamente comprometida, só que não plégica, mas ela, é com tipo um joystick, ela anda a cidade inteira, vai à missa, com a cadeirinha dela. Eu não sei a velocidade que vocês querem, então, ela vai pela calçada, e atravessa a rua, e eu tenho um amigo paraplético cerebral, extremamente comprometido, ele é advogado em Curitiba, ele pilota também, é uma que não tem essa terceira roda, que daria mais estabilidade, acredito eu, a terceira roda, fica mais estável né. Mas ele anda Curitiba inteira, parece um joystick, só que eu não entendo como funcionaria essa história, eu acho que dessa forma, muita ferragem, eu não sei te dizer, olhando assim, é como se fosse a segura então de alguém. Que ele possa querer usar isso, mas que ele tenha aquela prática que ele bota no carro e principalmente se ele dirige, se ele tem veículo adaptado, por que essa seria difícil para ser assim, a única cadeira dele. Vendo assim né, então seria assim, a minha segunda cadeira e eu quero fazer a minha segunda garagem, para não ficar montando e desmontando pelo tamanho. Também dá para adaptar dessa forma que vocês estão falando, eu estou vendo assim, pelo ponto de vista de se entrar, por que ali naquela ele tem que pegar as pernas com as mãos, puxar e abrir, fazer uma abdução, e ali também eu acho que não tem o chassi, mas vai ficar fechado para ele o espaço, aparentemente pelo que a gente está vendo. Um paraplético naquela lá ia ficar difícil, não difícil, ele teria que fazer um treino... Não ia ser assim tão rápido a passagem dele para o acento. Eu acho que é como se fosse a opção de uma

segunda cadeira, em relação ao custo, quem vai poder ter uma segunda cadeira, eu estou acreditando se ela ficar nesse tipo de protótipo como a gente está vendo. Só que assim, não vai ter aquele desgaste de você acoplar e desacoplar? Essa parte eu não poderia te dizer... Muitos se queixam da solda, que é onde ela arrebenta. Eles pensam assim, hoje, principalmente se for um adolescente, que ela possa acompanhá-lo, também hoje está sendo visto por causa do custo, só que eu não entendo de material, eu sei que são tubos inteiros... Eu não sei te dizer, essa parte eu sou bem limitada, mas eles falam assim, que elas possam acompanhar uma pessoa, por que a maioria dos “para” e “tetra” de acidente de automóvel, e aí ele vai ter uma possibilidade de uso muito grande, e essa questão assim de ajuste demais, de ter que mexer muito...

Gilson Adamzuk: Vocês colocaram pontos novos que nós temos que avaliar. Justamente este tipo de informação que nós estávamos procurando. Novamente com o Roberto e a Sandra, agora começando pela Sandra, agora assim no sentido amplo, independente se vai ser um modelo A ou B ou um alternativo, qual seria a necessidade desse tipo de produto, se pensando em aspectos, se pensando em percentual de utilização mensal, motorizada, propriamente ele não usar o tempo todo por que precisa se exercitar, no sentido amplo, qual que seria o percentual na rotina mensal que esse produto seria útil, a autonomia necessária para cumprir essas tarefas, na sua utilização, e o tempo ou essa praticidade no acoplamento (se é que vai haver) dessa parte frontal?

Sandra: O acoplamento alguns vão ter praticidade e outros não, por que aí você limita o público também né, se tiver essa dependência de quanto tempo de... Não é que praticamente os que usam 8, 9 ou 10 horas por dia uma cadeira, principalmente se eles chegarem aqui, ele vem com ela para trabalhar e de repente ele nem sai dela. Ela vem motorizada e ele poderia chegar onde ele vai para trabalhar e continuar usando ela, isso pode existir. Seria a distância do deslocamento, aí fica muito amplo, mas ele poderia usar todo dia, diariamente... Eu acho assim, não, se ele tiver num estágio de reabilitação, ele vai ter que ter a hora de reabilitação, então não é a cadeira que é o problema. Aquele que é refratário, vamos dizer, a reabilitação de uma forma ou de outra, e acha com a cadeira está bom, aí não é o tipo de cadeira, acredito. Não que eu saiba de uma pesquisa sobre isso, então quem precisa chegar em uma clínica e fazer o tempo dele, ou até fazer esporte, o

problema não é a cadeira, a cadeira é até um auxílio, ele vai e faz. Aquele que realmente só... Não está mais interessado, ou está numa fase de abandono assim... A bateria deve aguentar, numa cidade numa região tipo a nossa assim, para chegar no local e carregar, eu não sei quanto dura... Sim, eu acho que 2 ou 3 horas, e depois deveria recarregar, onde ele chega e recarrega, até num posto de gasolina, por exemplo, não sei, numa tomada, tem que ser ele que vai recarregar. Mas eu acho que numa cidade num tamanho de Pato Branco, onde você sofre para dirigir, eu acho que ao menos umas 2 horas, e ainda é meio pouco, ainda poderia ter uma margem um pouquinho maior. Sobre o acoplamento, aí que eu perguntei sobre o desgaste, sobre a facilidade do tipo de cadeirante, por que há muitos tipos de cadeirantes, se essa operação demorar 5 minutos não importa, eu digo realmente a facilidade, que eles consigam fazer sozinho, por que o que eles mais precisam é independência mesmo, né, por que tá ficando também de uma forma que você não tem tanto o cuidador familiar mais, nos casos, que a tendência da geração é essa, ficar cada vez mais sozinho, mais importante que o tempo é fato da independência, eu acho que o que vê mais relacionado da parte de assistência é essa, que eu possa realmente ter algo que facilite mas que não precise da ajuda das pessoas, claro que as duas inviáveis, mas a gente pensa muito mais a questão do mundo do que para a adaptação para eles, né. Até aqui, eu descer aquela escada por exemplo, as vezes o mundo não está adaptado, os objetos estão até mais fácil, mas a questão física. O advogado de Curitiba anda a cidade inteira, tem carro, ele tem uma doença, coreotetose, movimento desordenado a todo instante, mais a cadeira de rodas ele dá consultoria, vai ao teatro, fez o vestibular, a cadeira conferiu independência, é uma pessoa sozinha, é como eu vejo dessa forma, ele fez mestrado, foi aquela pessoa que a Mãe, mas depois sozinho ele depende disso, por isso que eu pensei daquela parte do meio ali, mas tem que ter autonomia.

Roberto Yamada: Então veja bem, eu tava pensando da forma, eu estava pensando no que o desenvolvedor inicial estava querendo fazer, se pensar de já aproveitar uma cadeira que existe, então essa primeira (independente se tá na frente ou atrás), esse acoplamento ele tem que ser meio instantâneo, não é minutos, eu te digo segundos, se quer o negócio, tem que ter tipo um apoiador, por ele vai tá na cadeira já, ele tem, aí não tem que tá o dispositivo de um na roda da frente, mas uma coisa que ele fique reto para ele só puxar e acoplar, um acoplamento instantâneo, “click”,

clica e vai, para “desclicar” ele tem que baixar e... Com lesão de umbigo para baixo, alguns não vão conseguir fazer isso. Vai ter que ser de um clique só, não vai ter que ter muita coisa. É complicado. A autonomia a gente não sabe dizer, mas aí isso que se você partir do princípio que é só para deslocar também, mesmo assim, se for em calçada, acho que a velocidade não pode ser grande, essas bicicletas que tem aqui vai acho que a 30 km/h, ou 20 km/h, isso não dá para andar na calçada, a legislação... É... Então infelizmente tem que ser uma velocidade de um elétrico, 5 km/h, seria o passo da cadeira. Uma velocidade boa, toque toque toque... É uma velocidade boa, 5 km/h, e eu acho bastante quase muito rápido, eu acho, na calçada. E aí se não for tão grande assim a velocidade, independente que não tenha segurança, tem que ter um dispositivo, tipo do... Do guidão, se quebrar o negócio desliga o motor, conforme a velocidade, aí ele está seguro e se quebrar e desliga o motor, aí se a velocidade for grande você não consegue. Mas essa acoplagem não é minutos, é segundos... Aí depois tem que ter um dispositivo para te levantar o negócio, para apoiar, que ele possa fazer sozinho, essa que é a grande dificuldade, se é cadeirante aí é possível, e aí a autonomia se for só para deslocar ali, aí a bicicleta elétrica eu não sei quanto, mas é o suficiente... Aqui no centro e saio de caso e dou uma volta, vai uns 3 km, se for em quilômetros, no mínimo uns 10 km.

Gilson Adamzuk: Agora os engenheiros, sob o ponto de vista técnico, mais ou menos a mesma coisa, só que pelo ponto de vista mecânico e elétrico, de vida útil de componentes, de como manusear o aparato, então praticamente a mesma questão só que respondida do ponto de vista mais técnico. Autonomia, torque, tecnologias, essas coisas todas... Começando pelo Robson.

Robson Gonçalves Trentin: O torque é que pode tirar ali pela roda, o peso próprio né, tira o torque que precisa né, aí quanto maior a roda maior o torque que vai precisar. Agora se for a questão de velocidade baixa, a autonomia vai lá em cima, imagino eu. Agora pensando do ponto de vista de fadiga, de quebra, meio que já descartaria aquela sua segunda possibilidade, aquela possibilidade de pegar e adaptar em uma cadeira convencional, porque imagina o rolamento que vai ali, logo vai estourar o rolamento que vai ali, né, aí o eixo e tal, vai passar um pouquinho mais rápido e tal numa calçada toda esburacada e aí trepidar, a vida útil vai cair. Ou eu partiria para uma boa cadeira que atenda, e trabalhar em cima dela, com um custo mais alto, ou projetar de cara uma própria cadeira. A parte da frente eu acho

que seria a parte mais durável né, dentro daquela ideia de desacoplar, com mais duas rodinhas para ficar de pé, agora a parte traseira me preocupa né, solda quebra com facilidade, não vai aguentar, eu acho que poderia partir para uma cadeira própria, ou para uma cadeira de qualidade. Mas eu acho interessante o custo, aquela ideia que ele acendeu do motor atrás, sem nada na frente, só que o controle ali não é tão difícil, quer dizer, tu vai andar a 50 km/h sem nada atrapalhando a frente, não cai. Nessa parte de controle é uma coisa fácil de fazer, não sei o custo agora, por que seriam dois motores aí, mas teria o eixo. Só que eu faria mais uma pergunta, tem que ser desmontável isso?

Sandra: Tem gente que leva no carona ou no porta- malas. Com a cadeira no porta- malas eles ficam inseguros, por isso que eles gostam de estar próximos... Mas poderia, tem que leva no porta-malas, mas eles falam do porta-malas.

Robson Gonçalves Trentin: Tempo e vida útil: ele vai forçar toda aquela estrutura, onde fixa em baixo, gera um momento ali né, ali a solda embaixo da cadeira provavelmente vai ser o ponto mais crítico, aquele ferro ali vai gerar um momento fletor, vai ficar balançando, forçando esse eixo. Se bem que 5 km/h sei lá... Mas é...

Emerson Giovani: Na verdade sobre a parte mecânica eu nem vou entrar em detalhes, a questão em relação a manutenção de alguns componentes, por exemplo bateria, vai influenciar a questão de forma de uso, por exemplo o torque, uma cidade como Pato Branco, que as vias não são 100% planas, pode se tornar meio complicado, até por que é uma corrente meio elevada para aumentar, mesmo que seja lento, depende da subidinha pode ser meio complicado, eu vejo que a bateria tem um custo relativamente baixo em relação ao conjunto todo, então se for ver substituir ela duas vezes por ano não seria um ponto tão crítico. A forma de uso de acionamento dela, numa cadeira, pode gastar talvez mais rápido do que o uso de uma bateria eficiente, aí, a forma de carga da bateria que pode vir a influenciar também né, mas geralmente é uma carga em horas, a vida útil pode ser maior. Do ponto de vista elétrico eletrônico, o que mais dar problema é a bateria. Lógico, você pode pegar uma bateria não convencional, por exemplo essa embutida na roda, ela tem custo maior de até pelo formato da bateria, tem outras questões. Tu não vai botar uma chumbo ácido por que pelo peso da bateria talvez torne inviável para uma cadeira de rodas de 100kg daqui a pouco. Nem todas as baterias são pesadas,

tecnologias de LítioÍon. Eu acho que digamos assim, pela autonomia que se quer, de uma ou duas horas, você pode ter duas, uma no trabalho, uma adicional, para voltar para casa, de uma forma para carregar junto, que agregaria peso, ainda mais se você pensar em duas rodas. Tem um problema, o pessoal usa a bateria integrada na roda, aí substituir a bateria seria um pouco mais difícil. Então substituir assim, no momento que você precisar utilizar, substituir em casa, não há problema. Para carregar as baterias depende da tecnologia, em celulares por exemplo você carrega em questão de minutos, mas o normal hoje é com praticamente de carga e descarga. Se você pegar um Chumbo Ácido você tem um período mais alto de descarga do que carga, lógico tudo tem a ver com custo. A questão de carga e o tipo de bateria seria um limitador, por não ter a curva de carga certinha né, o ideal é o melhor possível para ter uma vida útil melhor. Pode ser colocado uma lei de controle, e priorize a autonomia e não o desempenho, por mais que a pessoa acelere, vai ter uma curva mínima de aceleração, de uma forma eficiente que não gaste energia, que não desperdice energia.

Gilson Adamczuk: Sandra, você teria uma posição do que seria o valor ideal?

Sandra: Hoje eu não tenho mais, não estou mais diretamente com eles, mas eu vejo cadeira de 4 a 8 mil e eu vejo um valor alto. Essa lição de casa eu não sabia o que era, não sei quanto, mas eu acho que com eles é mais fácil, todo dia alguém deve comentar isso. Na queda, isso quebra? Por que assim, a gente tem aula com eles para cair, mas quebra? Sei lá, esse mecanismo é muito frágil numa queda? Porque queda existem? Tem que pensar numa proteção, por que cai, eles caem mesmo.

Gilson Adamczuk: A próxima questão, que estamos se encaminhando para o final, qual seriam os pontos, aspectos que vocês consideram mais importante dessa discussão, que vocês gostariam de reforçar?

Roberto Yamada: Eu acho importante, que a Sandra falou depois, não tinha pensado nisso, é a tal da queda, meu “piazinho” estava andando de bicicleta e quebrou entre o garfo e a roda, nunca tinha visto isso, no lugar da solda, por isso uma cadeira, as vezes mais baratinhas, aí tem soldas piores ou melhores, que vai quebrar mais fácil, aí nessas adaptações as quebras vão ser grandes, me preocupa isso aí, a velocidade não pode ser grande. Aí tem que ver a viabilidade, o que

influencia mesmo é comercial, não adianta ter um produto que custe 5, se vai vender a 3, que fica inviável, pensando no geral. Se pode quebrar fica inviável esse negócio de adaptar.

Robson Gonçalves Trentin: Se for essa questão de custo, que provavelmente vai mandar bastante, mas se for atrás que parece mais fácil de uso e tudo, agora se for a frente, tem que ser uma coisa rápida de fácil acoplagem e em uma cadeira boa, tem que limitar isso, por que se a cadeira é limitada daqui a pouco não dá, ou define: fabrica a própria cadeira para não acontecer isso.

Emerson Giovani: Eu acho que uma coisa que me chamou a atenção são as possibilidades de inovação nessa linha, várias, eu nunca tinha parado para pensar de fato quantas coisas poderiam se desenvolver, analisando, tem uma série de questões, o conjunto de tecnologias que envolve isso pode ser bem variado, sob o ponto de vista desde somente de... De... Trazer uma solução que seja só acoplável, ou desenvolver todo um projeto otimizado, é uma grande gama no mercado de soluções bem diferentes, as possibilidades são bastante grandes. Talvez tenha que escolher uma coisa que seja de mais fácil inserção no mercado ou sob o ponto de vista de pesquisa, uma coisa mais, qual o nicho mais interessante, considerando segurança, ergonômica, portátil, vários aspectos que devem convergir em uma solução que seja, que tem que ser colocar isso no papel e qual atende mais... Acho que deveria ser fixo, as rodas traseiras (grandes até) e aí tu teria o controle, que seria um peso extra, se fosse manualmente, mas como o peso está na própria roda talvez não seja algo tão grande, o problema maior é a bateria. Que o motor é acoplado na própria roda, ou talvez você possa utilizar regeneração de energia, descendo uma descida estou carregando uma bateria, não é fácil, mas é possível ser feito.

Sandra: Se eu fosse cadeirante, eu vendo um triciclo eu preferiria as duas rodas, evidente por causa de segurança. O problema foi tudo que nós falamos relacionado ao tamanho, ao acoplamento, a entrar sem acoplar a dificuldade que ele teria, tem que levar em conta principalmente o cadeirante, acho que eles têm que fazer muito teste com as cadeiras. Elas têm que ser lavável, fácil de higienizar, são pontos mais específicos