

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA  
CATARINA - CÂMPUS JARAGUÁ DO SUL - RAU  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM FABRICAÇÃO MECÂNICA

THOMAZ RAMONN FISCHER JAHN

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE DIREÇÃO APLICADO EM CADEIRA  
DE RODAS MANUAL UTILIZANDO O MOVIMENTO DO TRONCO DO USUÁRIO

JARAGUÁ DO SUL

MARÇO DE 2021

THOMAZ RAMONN FISCHER JAHN

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE DIREÇÃO APLICADO EM CADEIRA  
DE RODAS MANUAL UTILIZANDO O MOVIMENTO DO TRONCO DO USUÁRIO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior de Tecnologia em Fabricação Mecânica do Câmpus Jaraguá do Sul – Rau, do Instituto Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do diploma de Tecnólogo em Fabricação Mecânica.

Orientador: Edson Sidnei Maciel Teixeira, Dr.

JARAGUÁ DO SUL

MARÇO DE 2021

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor

Jahn, Thomaz Ramonn Fischer

Desenvolvimento de um sistema de direção aplicado em cadeira de rodas manual utilizando o movimento do tronco do usuário/

Thomaz Ramonn Fischer Jahn;

Orientação de Teixeira, Edson Sidnei Maciel.

Jaraguá do Sul, SC, 2021.

60 p.

Trabalho de Conclusão de Curso – Instituto Federal de Santa Catarina, Câmpus Jaraguá do Sul – Rau. Tecnologia em Fabricação Mecânica.

Inclui referências.

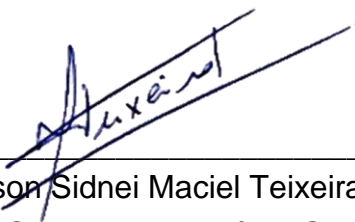
1. Cadeira de rodas. 2. Direção. 3. Desenvolvimento de produto. I. Teixeira, Edson Sidnei Maciel. II. Instituto Federal de Santa Catarina. III. Título.

THOMAZ RAMONN FISCHER JAHN

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE DIREÇÃO APLICADO EM CADEIRA DE RODAS MANUAL UTILIZANDO O MOVIMENTO DO TRONCO DO USUÁRIO

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do título em Tecnólogo em Fabricação Mecânica, pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, e aprovado na sua forma final pela comissão avaliadora abaixo indicada.

Jaraguá do Sul, 30 de março de 2021



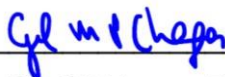
Prof. Dr. Edson Sidnei Maciel Teixeira Orientador  
IFSC – Campus Jaraguá do Sul – Rau



Prof. Esp. Carlos Roberto Alexandre  
IFSC – Campus Jaraguá do Sul – Rau



Prof. Me. Eduardo Cardoso Castaldo  
IFSC – Campus Jaraguá do Sul – Rau



Prof. Dr. Gil Magno Portal Chagas  
IFSC – Campus Jaraguá do Sul – Rau

## AGRADECIMENTOS

Sou muito grato a Deus, pois é a ele que recorro tanto em momentos difíceis como de alegria, mantendo meu otimismo, discernimento e saúde para encarar da melhor forma possível os desafios da vida.

Agradeço à minha família, meus pais, meus sogros que acompanharam de perto todas as dificuldades e realizações na minha formação. Em especial minha noiva Giovana que me deu todo apoio e foi paciente quando necessário.

Agradeço ao meu orientador Edson Sidnei Maciel Teixeira por toda dedicação e conexão a este trabalho. Isso ajudou a me manter motivado até sua finalização.

Agradeço à equipe de Basquete em Cadeira de Rodas Raposas do Sul por contribuir com a compreensão do problema a ser estudado e permitir que se coletasse informações reais.

Agradeço à Equipe *Handsfree*, que além de mim, é composta por Diego José Maia (em memória) e Yandra Alves, por toda dedicação ao projeto.

Agradeço ao Desafio IFSC de Ideias Inovadoras pela oportunidade de participação neste evento e pelo recurso disponibilizado para construção do protótipo.

Agradeço ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, em especial ao Câmpus Jaraguá do Sul – Rau pela disponibilização dos laboratórios e a todos os professores pelo conhecimento repassado.

Agradeço aos amigos, colegas de trabalho e qualquer pessoa que de alguma forma contribuíram em meu desenvolvimento pessoal e conseqüentemente na elaboração deste trabalho.

O que não te desafia, não te transforma. Crescer  
dói e dá trabalho.  
(Caio Carneiro, 2019)

## RESUMO

Cadeiras de rodas são estruturas amplamente utilizadas por pessoas que possuem restrição de movimentos nas pernas, entretanto, para a sua condução, é necessário força nos braços. Usuários de cadeira de rodas sem movimento em um dos braços ou que possuem alguma restrição de movimento nos membros superiores encontram dificuldade em direcionar seu equipamento. Também se deparam com problemas quando uma mão é ocupada realizando uma tarefa ou segurando algum objeto. Assim, soluções que venham ao encontro do auxílio dessas pessoas para reduzir o esforço dos braços são importantes para aliviar tensão nas mãos, o que pode reduzir problemas de saúde nos membros superiores. Portanto, o objetivo deste trabalho é demonstrar o processo de desenvolvimento e a construção de uma cadeira de rodas manual com sistema de direcionamento mecânico utilizando o movimento do tronco do usuário. Para elaborar este trabalho foi realizada uma pesquisa com integrantes de uma equipe de basquetebol em cadeira de rodas e esses dados foram utilizados numa proposta de sequência de desenvolvimento de produto para a definição da melhor concepção, para o projeto e a construção do produto, atendendo as necessidades dos usuários.

Palavras-Chave: Cadeira de rodas. Direção. Desenvolvimento de produto.

## **ABSTRACT**

Wheelchairs are structures widely used by people who have restricted movement in their legs, however, for driving; strength is required in the arms. Users of wheelchairs without movement in one arm or who have some restriction of movement in the upper limbs find it difficult to direct their equipment. They also run into problems when a hand is busy performing a task or holding an object. Thus, solutions that come to the aid of these people to reduce the effort of the arms are important to relieve tension in the hands, which can reduce health problems in the upper limbs. Therefore, the objective of this work is to demonstrate the development process and the construction of a manual wheelchair with a mechanical steering system using the movement of the user's trunk. To elaborate this work, a research was carried out with members of a basketball team in a wheelchair and these data were used in a proposal for a sequence of product development to define the best conception, for the design and construction of the product, meeting the users' needs.

Keywords: Wheelchair. Direction. Product development.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Curva de comprometimento do custo do produto .....	15
Figura 2 - Modelo de referência do Processo de Desenvolvimento do Produto .....	16
.....	
Figura 3 – Modelo de referência do Design Thinking.....	18
Figura 4 – Principais componentes de uma cadeira de rodas manual .....	21
Figura 5 – Padrões de propulsão de cadeira de rodas .....	23
Figura 6 – Proposta de sequência de desenvolvimento de produto .....	24
Figura 7 – Cadeira de rodas para basquetebol.....	26
Figura 8 – Conhecimento das dificuldades de uso de cadeiras de rodas 1 ....	27
Figura 9 – Conhecimento das dificuldades de uso de cadeiras de rodas 2 ....	27
Figura 10 – Conhecimento das dificuldades de uso de cadeiras de rodas 3 ..	28
Figura 11 – Cadeira de rodas com direcionamento com um dos pés .....	29
Figura 12 – Cadeira de rodas para pessoas com somente um braço .....	30
Figura 13 – Cadeira de rodas com direcionamento com a lombar .....	30
Figura 14 – Cadeira de rodas com alavancas de tração .....	31
Figura 15 – Cadeira com sistema de tração elétrico.....	31
Figura 16 – “Pega” necessária para a condução da cadeira de rodas manual .....	32
.....	
Figura 17 – Desenvolvimento inicial do sistema de direção .....	34
Figura 18 – Projeto inicial da cadeira de rodas com o sistema de direção .....	35
Figura 19 – Desmontagem da cadeira de rodas comercial.....	36
Figura 20 – Estrutura inicial para o novo sistema da cadeira de rodas.....	36
Figura 21 – Eletrodutos, conexão em “T” e parafusos utilizados na estrutura .....	37
Figura 22 – Assento e mancal para articulação confeccionados em madeira .....	37
Figura 23 – Primeiro sistema de barra de direção .....	38
Figura 24 – Novo sistema de direção utilizando rodízios.....	39
Figura 25 – Instalação dos cabos push pull.....	40
Figura 26 – Amortecedores de mola a gás instalados .....	41
Figura 27 – Nova versão do projeto com ajustes.....	41
Figura 28 – Visão geral da nova versão da concepção da cadeira de rodas..	42
Figura 29 – Raio de giro da nova versão do projeto .....	43
Figura 30 – Novo mancal e barra de direção utilizando rodas originais .....	44

Figura 31 – Mancal de apoio e movimentação do assento.....	44
Figura 32 – Montagem das molas de tração.....	45
Figura 33 – Instalação dos cabos, conduites e parafusos reguladores de bicicleta .....	46
Figura 34 – Direcionamento da cadeira sem o uso das mãos .....	48
Figura 35 – Distância entre obstáculos.....	48
Figura 36 – Diâmetro mínimo de giro da cadeira.....	49
Figura 37 - Roda traseira sem contato com o solo .....	50

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
1.1 Objetivos.....	12
1.1.1 Objetivo geral.....	12
1.1.2 Objetivos específicos.....	13
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	14
2.1 PDP Processo de desenvolvimento de produtos.....	14
2.1.1 Planejamento do Projeto.....	17
2.1.2 Projeto Informacional.....	17
2.2 <i>Design Thinking</i> .....	18
2.2.1 Inspiração.....	19
2.2.2 Ideação.....	19
2.2.3 Implementação.....	19
2.3 Tecnologia assistiva.....	20
2.4 Cadeira de rodas manual.....	21
2.4.1 Mobilidade em cadeiras de rodas manuais.....	22
3 DESENVOLVIMENTO.....	24
3.1 Entendimento do contexto e busca do problema.....	25
3.2 Compreensão da situação atual.....	28
3.3 Levantamento e estudo de possibilidades.....	32
3.4 Projeto, construção e avaliação do protótipo de produto.....	34
4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	47
5 CONCLUSÃO.....	52
REFERÊNCIAS.....	54
APÊNDICE A – Solicitação de Autorização para Participação em Pesquisa ..	56
APÊNDICE B – Relatório de custos de materiais.....	57

## 1 INTRODUÇÃO

Conforme pesquisa da Organização Mundial da Saúde (WHO, 2004), cerca de 15,6% da população mundial possui algum tipo de deficiência. E no Brasil os levantamentos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2012) apontam 23,9% de sua população geral. O censo do IBGE de 2010 ainda indica que deste total, 7% possuem deficiência motora e para muitos se faz necessário o uso de cadeira de rodas no seu dia a dia.

Assim, cadeiras de rodas são utilizadas em diversas condições e disponíveis comercialmente no mercado. De um modo geral, as cadeiras de rodas manuais seguem uma montagem semelhante, que são compostas por uma estrutura do quadro com apoio de braços e pés, assento e encosto para sentar-se, rodas traseiras com aro de propulsão, rodas dianteiras livres e outros componentes como freios, apoios e cinto.

Para a condução de uma cadeira de rodas mecânica, cadeirantes (indivíduos que fazem uso de uma cadeira de rodas) necessitam utilizar os braços e mãos em movimentos básicos, sendo a impulsão, que faz a cadeira se deslocar para a frente e a direção que regula o sentido de deslocamento. São movimentos conjuntos realizados pelos membros superiores do usuário diretamente nas rodas traseiras através dos aros de propulsão. Para tais movimentos, exige-se uma força nos braços e mãos e flexibilidade para direcionar ou alterar o sentido de movimento.

Considerando que cadeirantes podem ter limitações de movimentos também nos membros superiores, como em um dos braços ou restrição de força física, isto implica na dificuldade em conduzir uma cadeira. Também pode haver dificuldade na condução ao segurar ou manipular algo com os braços ou para a prática de esportes como o basquetebol. Já cadeirantes que possuem força física nos braços e mãos preferem cadeiras de rodas manuais por terem mais agilidade no uso diário.

No mercado também existem as cadeiras de rodas motorizadas. Estas transferem o esforço de condução de impulsão para um motor elétrico e a direção é responsável por um manípulo eletrônico do tipo *joystick*. Entretanto, acabam sendo indicadas para usuários com restrições mais severas e que possuem pouca agilidade para o dia a dia. Neste caso, entende-se que cadeiras de rodas mecânicas ainda são adequadas ao uso diário da maioria dos cadeirantes.

Numa análise ampla, entende-se que ao se trabalhar no desenvolvimento de

uma cadeira de rodas mecânica que permita reduzir o esforço de condução em um dos movimentos (impulsão ou direção) irá se ampliar a população que poderá utilizar e permitir que sua aplicação seja adequada ao dia a dia de cadeirantes com algumas restrições nos membros superiores em diversas atividades.

Assim, para o desenvolvimento deste projeto, foi realizada uma visita a uma equipe de basquetebol em cadeira de rodas onde foram coletadas opiniões do uso de cadeiras tanto comuns como esportivas e segundo eles não há conhecimento de uma forma de guiar a cadeira sem o esforço de ambos os braços, excluindo-se cadeiras motorizadas. Além disso, buscou-se entender os tipos de esforços envolvidos na condução de cadeira de rodas com e sem as mãos.

A partir desses dados iniciou-se uma pesquisa ampla através da internet em busca de alternativas que atendam essas necessidades, onde foram encontrados diversos sistemas de direcionamento utilizando a face, mãos, lombar, entre outros, mas nenhum utilizando o tronco para movimentar o assento da cadeira com sistema mecânico, o que indica uma possível inovação de aplicação.

Sendo assim, define-se o objetivo deste trabalho como demonstrar o processo de desenvolvimento e construção de uma concepção de cadeira de rodas com sistema de direção mecânica a partir do movimento do tronco do usuário.

Para conduzir a análise dos dados coletados e definir a melhor concepção do produto, foram adaptadas as abordagens de Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP) e de *Design Thinking*, com a seleção de etapas mais adequadas ao projeto para o atendimento às necessidades dos usuários.

No processo de desenvolvimento do produto foi possível definir a pergunta de pesquisa deste trabalho: Como permitir que um cadeirante com restrição de movimento ou força nos membros superiores possa conduzir sua cadeira de rodas manual sem necessitar de outra pessoa?

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo geral**

Demonstrar o processo de desenvolvimento e construção de uma concepção de cadeira de rodas com sistema de direção mecânica a partir do movimento e equilíbrio do tronco do usuário.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- Entender o contexto da utilização da cadeira de rodas manual e buscar um problema;
- Buscar a compreensão da situação atual e das soluções existentes;
- Realizar um levantamento e estudo de possibilidades de solução para o problema identificado;
- Realizar o projeto, a construção e a avaliação de um protótipo de produto cuja concepção resolva o problema.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 PDP Processo de desenvolvimento de produtos

O desenvolvimento de um novo produto parte de uma ideia que passa por etapas de um projeto para atender as necessidades de um público-alvo e de empresas que atuam num determinado mercado (ROZENFELD et al., 2006).

Até a sua disponibilização ao mercado, o produto passa por um processo estruturado de desenvolvimento chamado de Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) com várias etapas ou atividades que podem ser diferentes de acordo com a equipe que está tomando as decisões de criação do produto. Existem várias abordagens de PDP, porém de uma maneira geral, o PDP tradicional inicia num processo de geração de ideias, consulta ao mercado e possíveis usuários e refinamento de informações de modo estruturado para se obter um produto que possa ser posto em produção como a solução de um problema (BAXTER, 2006).

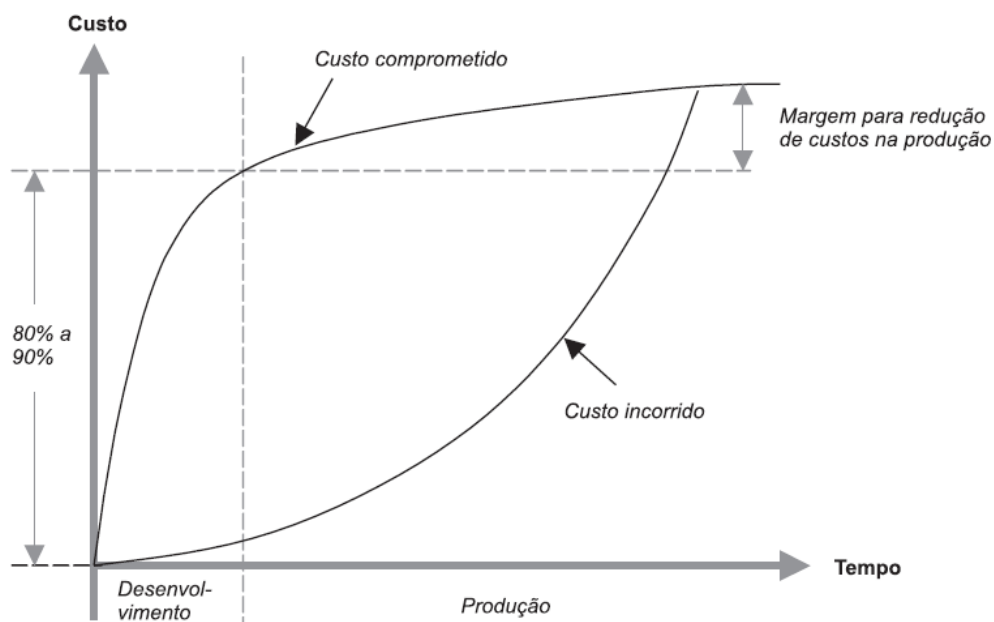
Conforme Back et al. (2008), “o termo produto refere-se a um objeto concebido, produzido industrialmente com características e funções, comercializado e usado pelas pessoas e organizações, de modo a atender a seus desejos ou necessidades”. Porém, novos produtos não precisam significar produtos totalmente originais, podendo ser melhorias, modificações e adequações de produtos já existentes.

De acordo com Rozenfeld et al. (2006), o PDP possui algumas características específicas, comparado com outros processos. Entre as mais importantes estão o elevado grau de incertezas, dificuldade de mudar as decisões iniciais e manipulação e geração de grande volume de informações. O motivo desta última característica se deve ao fato do envolvimento de todas as fases do ciclo de vida do produto (projeto, fabricação, distribuição, clientes, assistência técnica, etc.). Esse envolvimento promove maior qualidade no produto, diminuição de custos e redução no tempo de lançamento do produto. Alterações no produto durante sua fabricação ou após estar no mercado podem ser complicadas e caras.

Como neste processo as tecnologias e materiais a serem utilizados são definidos nas fases iniciais e possuem extrema importância, alega-se que esta fase representa 85% do custo final do produto. Sendo que os 15% restantes acontecem na fase de fabricação em diante, onde não há mais inúmeras oportunidades de

mudança. Já que as maiores incertezas se encontram na fase de tomadas de decisões, com o PDP conseguimos diminuir essas dúvidas e consequentemente os riscos no decorrer do desenvolvimento (ROZENFELD et al., 2006). A Figura 1 demonstra esta influência do projeto no custo do produto.

Figura 1 - Curva de comprometimento do custo do produto



Fonte: Rozenfeld et al. (2006)

Conforme Rozenfeld et al. (2006), é comum e útil classificarmos os tipos de projetos de acordo com a quantidade de mudanças que este sofreu em relação a projetos anteriores. Dentre as principais aplicações podemos destacar:

- Projetos radicais (*breakthrough*): envolvem expressivas modificações no projeto ou processo com acréscimo de novas tecnologias e materiais. Podendo haver uma nova categoria ou família de produtos.

- Projetos plataforma ou próxima geração: podem apresentar alterações significativas do projeto e/ou processo, mas não envolvem inovações de materiais ou tecnologias. Esse novo sistema pode ser responsável em criar uma nova geração ou família de produtos. Para trabalhar como plataforma, esse projeto deve ser compatível com produtos anteriores, posteriores e novas gerações de produtos.

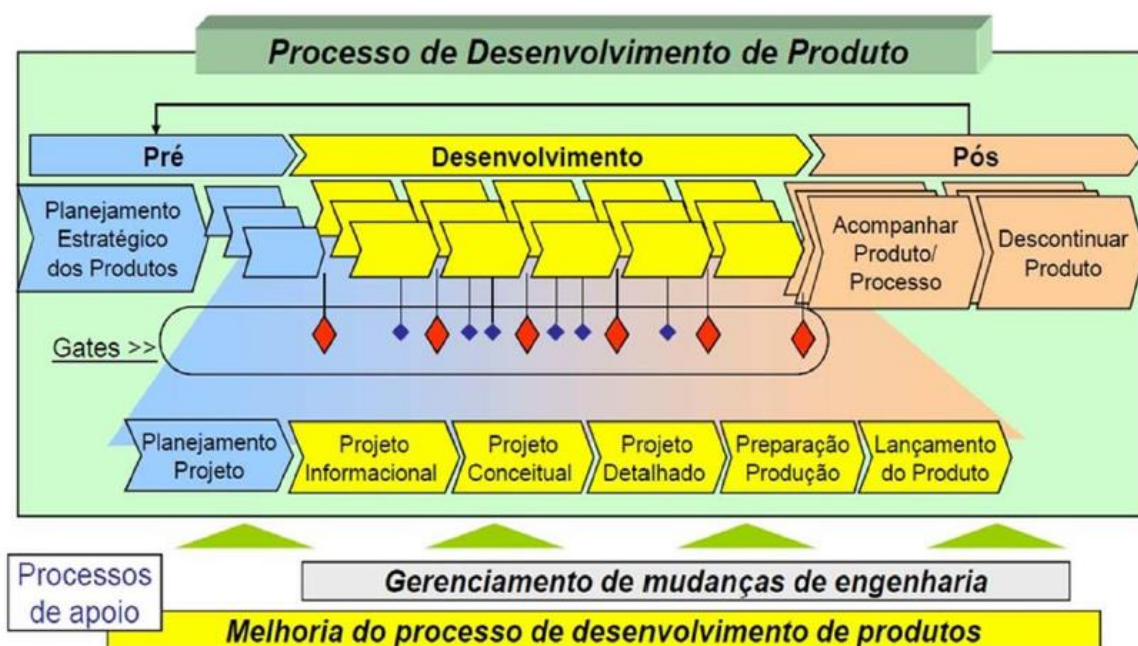
- Projetos incrementais ou derivados: são projetos que criam produtos e processos derivados, com pequenas modificações ou híbridos de projetos

existentes. Esses projetos podem apresentar custos reduzidos, pois partem de produtos e processos existentes.

Para Rozenfeld et al. (2006), existem fases a serem cumpridas para o PDP tradicional, que são Pré-Desenvolvimento, Desenvolvimento e Pós-Desenvolvimento. No Pré-Desenvolvimento, é necessário realizar todo o planejamento do projeto. No caso de empresas, o planejamento estratégico de produtos dentro do portfólio já existente. Já na fase de Desenvolvimento, estão as etapas de Projeto Informacional, onde há a coleta de dados e informações que irão guiar o desenvolvimento, o Projeto Conceitual, onde é possível visualizar as concepções (ou conceitos) de produtos, o Projeto Detalhado, já com o desenho em detalhes, a Preparação para a Produção, que é o ajuste dos processos produtivos e o Lançamento do Produto, para disponibilizar o produto no mercado. Na fase de Pós-Desenvolvimento situam-se o acompanhamento do produto no mercado, ciclo de vida e demais decisões relacionadas a continuidade ou não do produto ou o início do desenvolvimento de um novo produto para substituir o atual.

O modelo de referência para o desenvolvimento de produtos de Rozenfeld et al (2006) está representado na Figura 2.

Figura 2 - Modelo de referência do Processo de Desenvolvimento do Produto



Fonte: Rozenfeld et al. (2006)

Considerando que o desenvolvimento do projeto neste trabalho não inclui a produção comercial, as etapas de planejamento e projeto informacional de Rozenfeld et al. (2006) serão referência para o desenvolvimento do produto.

### 2.1.1 Planejamento do Projeto

É na etapa de Planejamento do Projeto que são levantadas as ideias iniciais de novos produtos. É o marco do início do projeto. Nesta etapa busca-se as considerações iniciais para a verificação da própria necessidade e existência do projeto. Busca-se entender o contexto, o objetivo do mercado, a estratégia já disponível dos desenvolvedores e as tecnologias, tanto de produtos quanto de processos de fabricação. Inclui também o mapeamento do público-alvo e o plano de interação com ele. É neste momento que se deve ter o primeiro entendimento do mercado (ROZENFELD et al., 2006).

### 2.1.2 Projeto Informacional

Segundo Rozenfeld et al. (2006), durante a etapa de Projeto Informacional é que são coletadas e organizadas as informações para que o projeto possa ser desenvolvido. Também são geradas as possíveis concepções que atendem aos objetivos propostos. As concepções são a descrição simplificada do produto, suas características e funcionalidades consideradas importantes. Nesta etapa, os princípios de funcionamento ou de aparência do produto devem ser mantidos, já que os detalhes serão trabalhados em etapas posteriores. Ao final da etapa, as concepções geradas devem ser avaliadas para selecionar a melhor e dar continuidade no projeto.

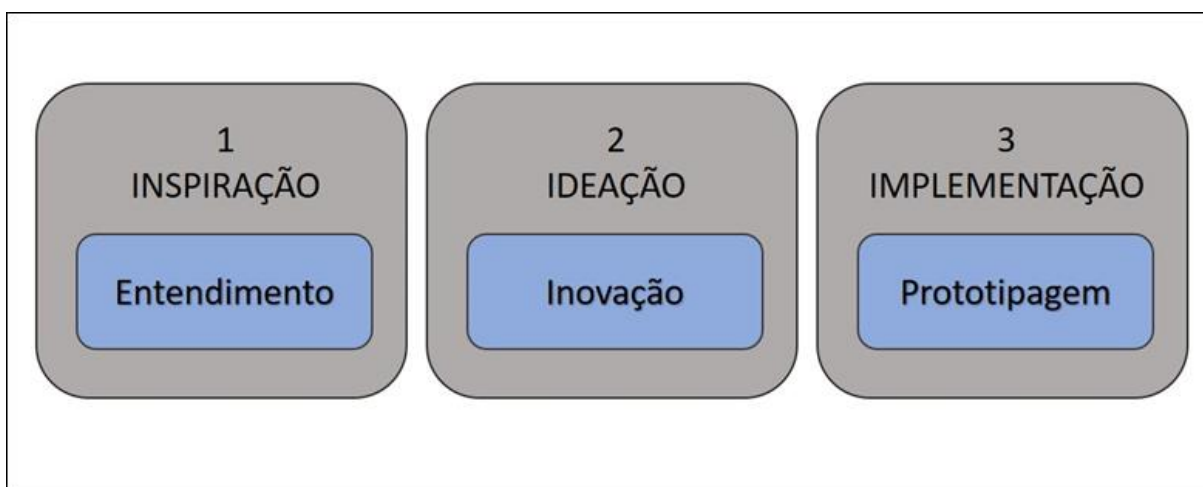
São duas as possibilidades de caminhos para o desenvolvimento do produto, sendo um projeto incremental ou completamente novo. O projeto incremental de um produto baseia-se num produto-base para a referência e considera a implementação de novas melhorias, funcionalidades ou design. Já o projeto completamente novo requer identificar os produtos atuais justamente para encaixar a sua concepção numa lacuna onde não há nenhum produto atendendo atualmente (ROZENFELD et al., 2006).

## 2.2 Design Thinking

Diferente do PDP tradicional, o *Design Thinking* pode ser considerado como um processo inovador para o desenvolvimento de produtos. Segundo Brown (2010), mesmo que as primeiras utilizações da expressão *Design Thinking* tenham se dado no início dos anos 90, a ideia de *design* como um pensamento de concepção de novos produtos se popularizou nos anos 2000 impulsionado pela adoção por várias empresas para soluções inovadoras.

O *Design Thinking* pensa o processo de modo tangível com representações e montagens para simular condições de uso. São investigações com ênfase no ser humano como centro da criação. A metodologia opta pelo processo não linear, totalmente criativo e centrado no usuário. Mesmo assim, Brown (2010) identifica três fases a serem cumpridas: inspiração, ideação e implementação, apresentadas na Figura 3.

Figura 3 – Modelo de referência do Design Thinking



Fonte: Adaptado de Brown (2010)

Outra característica que Brown (2010) cita é que o *Design Thinking* é uma metodologia de desenvolvimento de soluções que não necessita que os envolvidos sejam *designers* profissionais. E Vianna et al. (2012) cita que o processo proposto pelo *Design Thinking* é baseado na multidisciplinaridade gerada a partir da discussão, novos pensamentos, inter-relações, de modo a encontrar soluções práticas e inovadoras para produtos e negócios.

### 2.2.1 Inspiração

Na fase de inspiração do *Design Thinking* é onde acontece a imersão no contexto do problema. É o primeiro momento que envolve a discussão da problemática percebida. Isso acontece diretamente com o público-alvo e o usuário final (VIANNA et al., 2012).

Ainda segundo Vianna et al. (2012), as ideias devem ser obtidas a partir da exploração do contexto para que possam ser entendidas as oportunidades das observações e discussões. Para isso, deve-se assumir uma posição empática para se colocar no lugar do outro e obter a percepção mais próxima da realidade. Essa fase de imersão tem como objetivo identificar os perfis dos usuários e demais envolvidos, levantar as áreas de interesse que serão exploradas, identificar problemas e ouvir possíveis soluções.

### 2.2.2 Ideação

Como o próprio nome diz, essa fase de ideação do *Design Thinking* é quando são produzidas as ideias de solução. As oportunidades levantadas na fase anterior, são analisadas para sintetizar as informações e obter um propósito de desenvolvimento. Isso se dá pela filtragem e organização dos principais pontos levantados para viabilizar a geração e discussão das ideias (VIANNA et al., 2012).

Ainda explora-se nesta fase as possibilidades de encontrar concepções e desenhos que venham a solucionar os problemas encontrados. Vianna et al. (2012) explica que deve-se priorizar técnicas de estimulação de geração de um grande número de ideias em um curto espaço de tempo, como o *brainstorming*. Tais processos devem ser conduzidos sem restrições à criatividade, para que todas as ideias possam ser levantadas, independentemente de suas aplicações.

Brown (2010), esclarece que deve ser realizada a seleção e classificação das melhores ideias com o intuito de torná-las tangíveis, permitindo a evolução do processo para a geração de condições para a prototipagem.

### 2.2.3 Implementação

A fase de implementação é a tradução das ideias de criação e geração de oportunidades em resultados. No *Design Thinking*, é a forma de expressar as

sessões de criatividade em conhecimentos renovados, preferencialmente de modo tangível em um protótipo real.

Segundo Brown (2010), os protótipos devem ser rudimentares e baratos, já que neste momento, ainda não há a definição da concepção final. O processo de construção do próprio protótipo é um processo de ajuste à realidade, aprimorando as soluções realmente eficazes e inovadoras ao produto final. É um dos papéis da prototipagem dar forma aos pontos fortes e fracos para conhecê-los e permitir que possam ser ajustados na próxima rodada.

Brown (2010) também argumenta que a implementação é um processo cíclico, assim como todo o *Design Thinking*, sendo cada sequência uma preparação para a próxima. Assim, numa sequência de passos onde há momentos não-lineares e discussão intensa, busca-se como resultado a verdadeira inovação.

### **2.3 Tecnologia assistiva**

Segundo o Estatuto da Pessoa com Deficiência (BRASIL, 2015), TAs (Tecnologias Assistivas) são

produtos, equipamentos, dispositivos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que objetivem promover a funcionalidade, relacionada à atividade e à participação da pessoa com deficiência ou com mobilidade reduzida, visando à sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social.

Segundo Bersch (2017), as TAs são apoios para a melhoria das capacidades funcionais negativas das pessoas, que possibilitam a realização de uma atividade desejada bloqueada por uma deficiência ou envelhecimento.

Dentre as TAs, a cadeira de rodas é um dos produtos mais utilizados pelos cadeirantes, que são pessoas que possuem deficiência motora nos membros inferiores e necessitam de um equipamento de apoio. Segundo o IBGE (2012), no Brasil, 23,9% da população possui alguma deficiência, sendo 7% deficiência motora, sendo parte delas cadeirantes.

Para os cadeirantes, a cadeira de rodas é uma TA que amplia a mobilidade das pessoas com deficiência motora, fornecendo condições para a inclusão e participação na sociedade. Entretanto, nem toda a pessoa com deficiência motora pode fazer uso dos atuais modelos de cadeiras de rodas disponíveis, por motivos como as barreiras estruturais de acesso e a adequação ergonômica, o que inclui

força e habilidade nos membros superiores dos cadeirantes. A OMS (2008) indica que na maioria das vezes são disponibilizadas cadeiras de rodas de tamanho ou padrão único, com o apontamento que menos de 5% das pessoas que necessitam delas, têm acesso real a um produto devidamente ajustado. Neste caso, novos tipos de cadeiras podem ser desenvolvidos para atender públicos específicos.

Além disso, para atendimento de um público de menor renda, é importante que as cadeiras tenham um custo acessível, considerando assim as cadeiras de rodas manuais como as mais adequadas para esse público, num cenário de dificuldade de financiamento desses dispositivos.

## 2.4 Cadeira de rodas manual

As cadeiras de rodas podem ser definidas a partir de sua estrutura e podem ser de quatro tipos: monobloco, dobrável, motorizada e esportiva. Quanto à impulsão podem ser manuais ou motorizadas. Conforme Costa (2012), as dobráveis podem ser com fechamento horizontal, onde o encosto dobra sobre o assento, ou vertical, dobráveis em “X”. As cadeiras mais comuns de uso cotidiano ainda são as manuais com estrutura do quadro dobrável em “X”

Os principais componentes de uma cadeira de rodas manual incluem rodas traseiras, aro de propulsão, freio de rodas, assento, rodas dianteiras, apoios de braços, encosto e apoio de pés, conforme Figura 4.

Figura 4 – Principais componentes de uma cadeira de rodas manual



Fonte: Adaptado de Medola et al. (2014)

Medola et al. (2014) explicam que existem outros componentes adicionais que podem ser adaptados às cadeiras de rodas, tais como encosto de cabeça, rodas de segurança na parte traseira, apoios de braços e pés com mais regulagens, freios de acionamento, controles por vários comandos, protetores laterais, cinto de segurança e vários outros que devem ser utilizados de acordo com as características dos usuários. Quanto ao material de construção, pela necessidade de resistência e leveza, o alumínio é o mais comum, apesar de algumas poderem ser de ligas especiais como aço titânio ou mesmo de fibra de carbono. Já os pneus normalmente são de rodas de borracha maciça em cores claras para trânsito em ambientes internos.

Novos tipos de cadeiras de rodas com conceitos inovadores podem afetar a mobilidade e as forças de propulsão e amplitude com os membros superiores do cadeirante e a própria estabilidade do conjunto, por isso deve haver um importante estudo ergonômico e biomecânico das forças envolvidas para o dimensionamento correto. (GROOT et al. 2014; MEDOLA et al. 2014)

Medola et al. (2014) ainda lembram que a locomoção em cadeira de rodas depende também de toda adequação para a acessibilidade através de rampas, superfícies adequadas e atendimento às especificações técnicas e dimensionais dos ambientes onde o cadeirante irá se movimentar.

#### 2.4.1 Mobilidade em cadeiras de rodas manuais

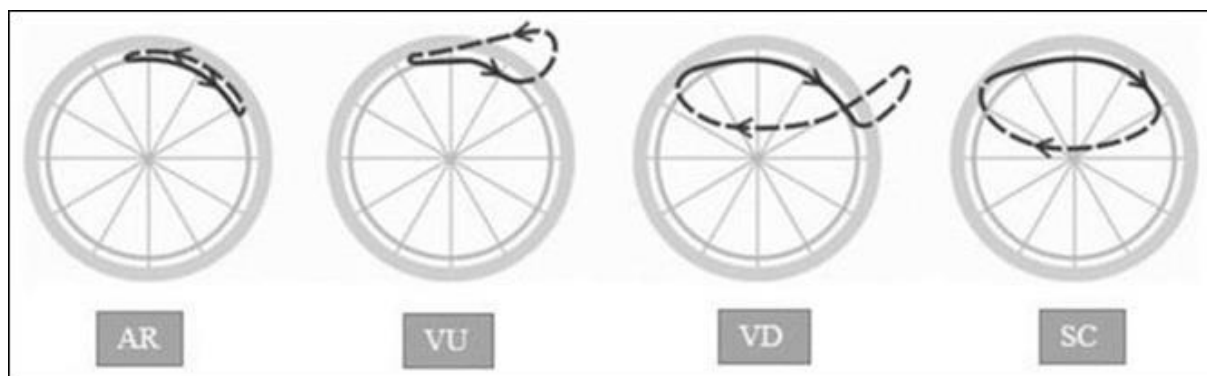
A mobilidade em cadeira de rodas é a forma de proporcionar ao usuário uma autonomia e independência de locomoção. Para isso, é necessário atender algumas condições que estão relacionadas à restrição de cada cadeirante. Segundo Cherubini e Melchiorri (2012), os dispositivos como cadeiras de rodas devem estar totalmente adequados a cada usuário. Mas a maneira de condução da cadeira é basicamente a mesma, através de impulsões nas rodas traseiras utilizando os aros de propulsão. A velocidade e a trajetória do movimento da cadeira de rodas são definidas pela força e frequência de sua aplicação nos aros das rodas.

A propulsão manual com os membros superiores é muito exaustiva e menos eficiente para a marcha, conforme estudo de Groot et al. (2014), além de poder causar danos pela sua repetitividade de ação.

Para propulsionar uma cadeira de rodas, cada usuário pode realizar uma

técnica diferente. Souza (2000) e Boninger et al. (2002) identificaram quatro tipos de padrões de propulsão de cadeiras de rodas com os membros superiores (AR = Arco, VU= Volta Única, VD= Volta Dupla e SC= Semicircular), conforme Figura 5, onde a linha contínua indica o momento de contato e a tracejada de retorno das mãos quando a cadeira está em movimento para a direita.

Figura 5 – Padrões de propulsão de cadeira de rodas



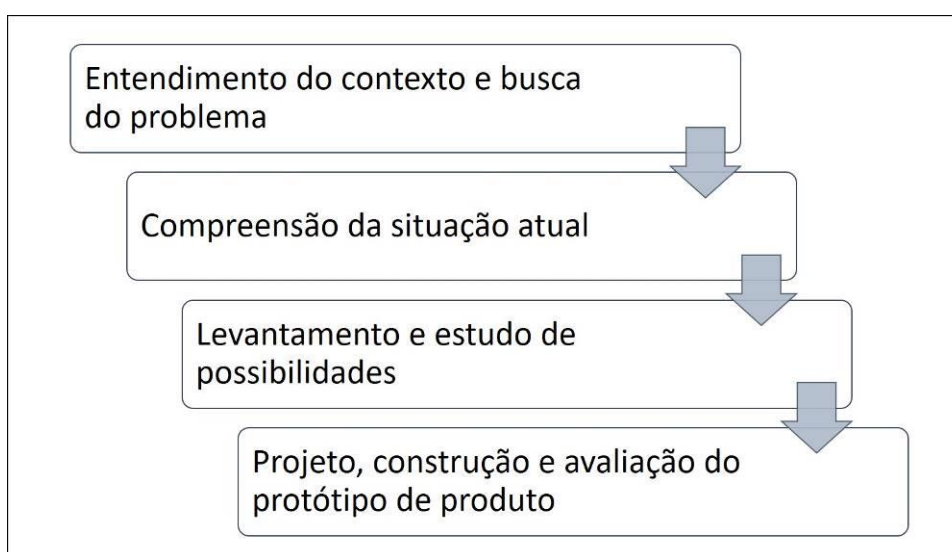
Fonte: Adaptado de SOUZA (2000) e BONINGER et al. (2002)

Assim, para que o usuário de cadeira de rodas possa ter uma mobilidade adequada que garanta sua independência de movimentação, precisa desenvolver uma série de habilidades para enfrentar as barreiras estruturais do dia a dia. A falta de desempenho de habilidades ou treinamento, assim como a escolha da cadeira de rodas inadequada às características de cada pessoa pode causar lesões nos membros superiores. Porém, quando corretamente dimensionada considerando as relações de força e restrições do usuário, proporciona o desenvolvimento da melhor técnica de propulsão e habilidades de condução que aprimoram a locomoção do usuário (DYSTERHEFT et al. 2015).

### 3 DESENVOLVIMENTO

O desenvolvimento deste trabalho se deu em fases que vão ao encontro tanto do PDP tradicional quanto da metodologia *Design Thinking*, sendo esta última, a metodologia base e inspiradora. Assim, se definiu uma sequência de apresentação com 4 etapas: 1-Entendimento do contexto e busca do problema; 2-Compreensão da situação atual; 3-Levantamento e estudo de possibilidades e 4-Projeto, construção e avaliação do protótipo de produto, conforme Figura 6.

Figura 6 – Proposta de sequência de desenvolvimento de produto



Fonte: o Autor

Esta sequência proposta neste trabalho busca agrupar as qualidades das duas abordagens de desenvolvimento de produtos, de modo a permitir que se alcance ao produto mais adequado ao problema, expresso num protótipo tangível e utilizável. O único requisito definido previamente é que a concepção proposta solucionaria um problema envolvendo cadeira de rodas.

Esse projeto foi desenvolvido em equipe, o que propiciou conversas e discussões de ajustes ao longo do processo de desenvolvimento. A “Equipe Handsfree” formada por Thomaz Ramonn Fischer Jahn, Yandra Alves e Diego José Maia (em memória) do Curso Superior de Tecnologia em Fabricação Mecânica do IFSC – Instituto Federal de Santa Catarina, Câmpus Jaraguá do Sul – Rau, participou do Desafio IFSC de Ideias Inovadoras 2019 obtendo o 5º lugar na

classificação final. Como prêmio, foram disponibilizados recursos financeiros para o desenvolvimento e construção do protótipo. Assim, o projeto foi desenvolvido até essa etapa de prototipagem do produto proposto e apresentação da concepção final.

### **3.1 Entendimento do contexto e busca do problema**

No desenvolvimento de um novo produto deve-se considerar vários aspectos e um dos mais importantes é o um planejamento adequado. Nesta etapa, é necessário definir o caminho a ser seguido no projeto e as ferramentas que serão utilizadas. Além disso, é neste momento que busca-se a compreensão do cenário atual, o público-alvo e as necessidades que serão objetivo de atendimento com o projeto proposto.

Assim, se faz necessário um levantamento junto ao público-alvo de modo a compreender seu ponto de vista e coletar dados, até mesmo de possíveis ideias para a solução e atendimento dos problemas.

Quanto à utilização de cadeira de rodas, entende-se que o público-alvo são pessoas cadeirantes, preferencialmente que façam uso diário de uma cadeira de rodas manual, com esforço dos membros superiores para movimentá-la.

Para uma melhor compreensão do cenário, buscou-se grupos de pessoas cadeirantes que pudessem auxiliar nas informações de uso e dificuldades das cadeiras de rodas manuais e chegou-se à Equipe de Basquetebol em Cadeira de Rodas Raposas do Sul, da cidade de Joinville-SC.

A partir do contato com a equipe e assinatura da Autorização para Participação em Pesquisa (Apêndice A), realizou-se a visita para coleta de dados. Além da ambientação ao contexto do público-alvo, a coleta de informações foi aberta à utilização de cadeiras de rodas de competição, dedicadas à prática de basquete, e ao uso diário.

A visita à equipe aconteceu no centro de treinamento na cidade de Joinville-SC. Neste momento foi possível conversar com os atletas. O primeiro enfoque aconteceu com as cadeiras de rodas esportivas que eram utilizadas para a prática de basquete, que possuem diferenciais que incluem estrutura de quadro monobloco, rodas traseiras e dianteiras reforçadas e com engate rápido, rodas de segurança na parte traseira, além de cintos de segurança para o corpo e para as pernas e várias proteções, conforme Figura 7.

Figura 7 – Cadeira de rodas para basquetebol



Fonte: o Autor

Há de se considerar que os cadeirantes pesquisados são atletas e possuem grande habilidade e força para a condução da cadeira de rodas. Deste modo, muitas das dificuldades citadas estão relacionadas à estrutura das cadeiras, que algumas vezes se mostram frágeis para os seus usos. Várias cadeiras utilizadas possuem reforços, mesmo as de uso diário. Outras questões citadas foram em relação à acessibilidade de ambientes, ruas, acessos, meios de transporte, etc.

A partir das conversas com a equipe de basquetebol em cadeira de rodas apresentadas na Figura 8, Figura 9 e Figura 10, foi possível compreender as características de uso que incluem os esforços de movimentação e direcionamento de cadeira de rodas.

Figura 8 – Conhecimento das dificuldades de uso de cadeiras de rodas 1



Fonte: o Autor

Figura 9 – Conhecimento das dificuldades de uso de cadeiras de rodas 2



Fonte: o Autor

Figura 10 – Conhecimento das dificuldades de uso de cadeiras de rodas 3



Fonte: o Autor

Um dos pontos que se verificou na pesquisa junto ao público-alvo está justamente na facilidade de conduzir a cadeira de rodas apresentada pelos atletas. Isso abriu o pensamento exatamente para a situação contrária. Como é a condução da cadeira para uma pessoa com dificuldade de movimento e força nos membros superiores? E caso a pessoa não venha a ter um braço? Esses eram problemas a serem estudados, já que até mesmo os atletas demonstraram dificuldades em explicar como seria a melhor forma de proporcionar autonomia na movimentação de cadeira de rodas para esses usuários. Normalmente precisam de uma outra pessoa para conduzir a cadeira.

### **3.2 Compreensão da situação atual**

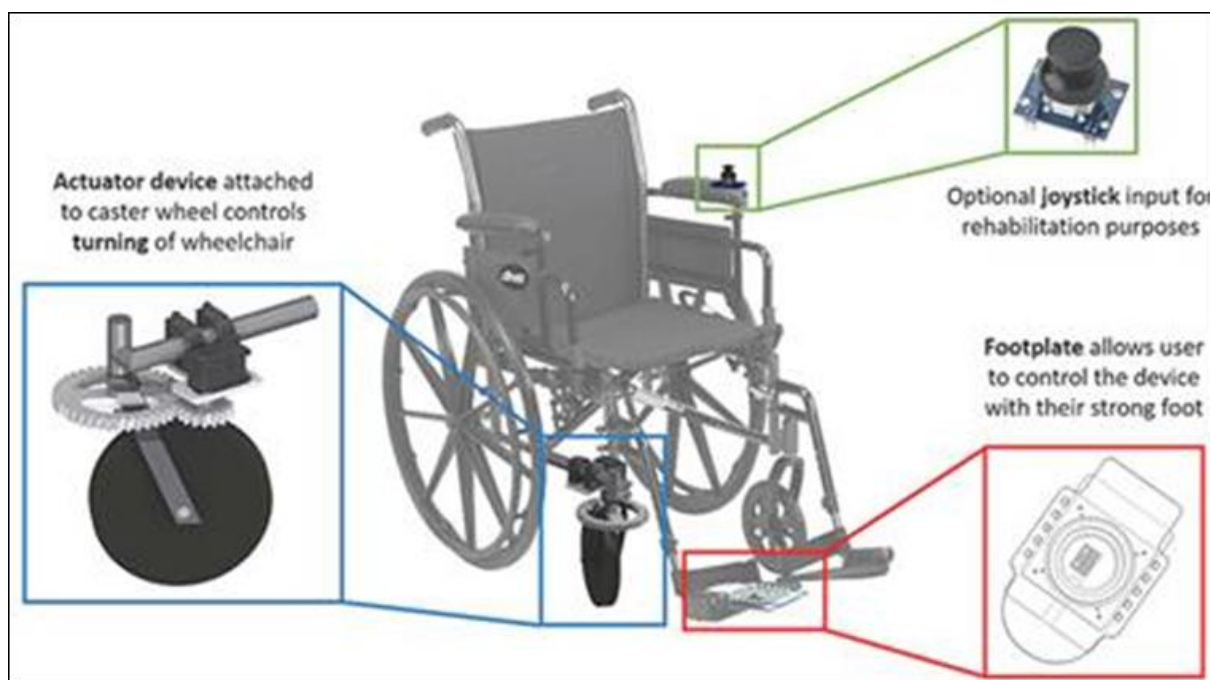
Com a identificação do problema que seria avaliado, foi possível iniciar uma busca das condições atuais existentes. Para os usuários, se confirmou que tratava-se de um problema e que realmente existe na prática. Algumas restrições de movimento ou força de usuários impedem que conduzam suas próprias cadeiras, necessitando de outra pessoa como condutora ou de um equipamento motorizado, de maior custo. Isso acontece também para pessoas que não possuem um dos

braços. Assim, se definiu a pergunta da pesquisa: Como permitir que um cadeirante com restrição de movimento ou força nos membros superiores possa conduzir sua cadeira de rodas manual sem necessitar de outra pessoa?

Com o problema definido, realizou-se uma busca de cadeiras de rodas atuais para identificar se já existe alguma que atenda ao público-alvo de forma eficaz. Identificou-se um conjunto de cadeiras de rodas com diversos sistemas de acionamentos, onde algumas se destacaram.

Pessoas com hemiplegia (alteração neurológica em que há paralisia em um dos lados do corpo, normalmente derivadas de derrame cerebral) não possuem muitas opções, já que possuem força diferenciada nos braços. Para isso, identificou-se o projeto de cadeira de rodas que permite que a impulsão continue com os braços, mas o direcionamento aconteça com um dos pés, conforme Figura 11.

Figura 11 – Cadeira de rodas com direcionamento com um dos pés



Fonte: <http://www.sheilalo.com/allez.html> (2020)

Uma cadeira de rodas com um sistema semelhante de direcionamento pelo pé é a Uni-Chair. Essa possui um conceito voltado totalmente à utilização para pessoas que não possuem um braço ou grandes restrições de movimento em um dos braços. Trata-se de uma cadeira que pode ser desmontada e montada com somente um braço, conforme Figura 12.

Figura 12 – Cadeira de rodas para pessoas com somente um braço



Fonte: <https://mobilitybasics.ca/neater-uni-chair> (2020)

Outra solução encontrada foi a cadeira Reagiro que possui um sistema mecânico de direcionamento. Novamente, a impulsão ocorre com os braços e o direcionamento desta vez com a coluna, mas é necessário o movimento da lombar, reduzindo o esforço com os braços, conforme Figura 13.

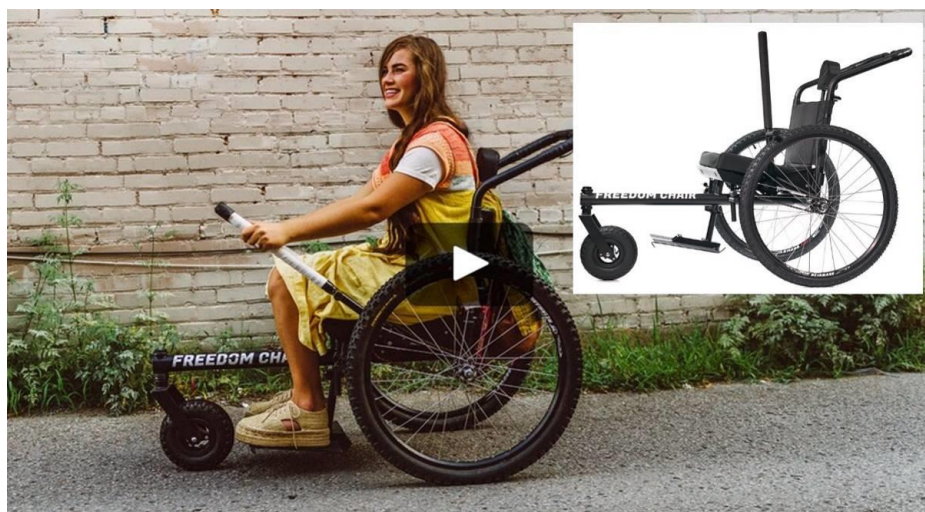
Figura 13 – Cadeira de rodas com direcionamento com a lombar



Fonte: <https://retotogni.com/the-reagiro> (2020)

Para a condução da cadeira de rodas em locais de piso irregular, lama, grama e até areia de praia, um dos projetos identificados é a cadeira GRIF *Freedom* que possui sistema de alavancas que aumenta a tração da cadeira. A condução é semelhante à cadeira tradicional, porém com alavancas que aumentam a força aplicada conforme Figura 14.

Figura 14 – Cadeira de rodas com alavancas de tração



Fonte: <https://www.gogrit.us> e <https://youtu.be/y3MeFc99dlw> (2020)

Ainda destaca-se a cadeira de rodas adaptável a um sistema de tração elétrico, que a transforma em um veículo semelhante a uma motocicleta. Produzido por vários fabricantes, esse sistema de tração permite que tanto a impulsão quanto o direcionamento possam ser realizados com as mãos e menor força, conforme Figura 15.

Figura 15 – Cadeira com sistema de tração elétrico



Fonte: [http://www.stricker-handbikes.de/en/products?filter\\_catid=50#photos](http://www.stricker-handbikes.de/en/products?filter_catid=50#photos) (2020)

Verificou-se ainda que há muito mais desenvolvimentos para a condução de cadeira de rodas motorizadas do que manuais. Assim, existe grande potencial de inovação em um novo sistema de direcionamento para aplicação em cadeiras de rodas manuais.

### 3.3 Levantamento e estudo de possibilidades

Entre os vários modelos e tipos de cadeiras e sistemas encontrados para cadeiras de rodas manuais, verificou-se que entre as forças e movimentos envolvidos para a condução da cadeira de rodas estão a impulsão e o direcionamento. A impulsão pode ser realizada com os braços, atuando no aro de propulsão, o que não exige obrigatoriamente uma “pega” com as mãos. Já o direcionamento exige o esforço de “pega” do aro de propulsão para guiar a direção do caminho, conforme Figura 16.

Figura 16 – “Pega” necessária para a condução da cadeira de rodas manual



Fonte: Acervo do Autor

Identificou-se que várias das soluções de cadeira de rodas estão na separação das forças de impulsão e direcionamento, buscando alternativas para deslocar um dos esforços ou os dois para outra parte do corpo do usuário. Entende-se que isso é importante para reduzir as forças dos membros superiores. Então, a solução de desenvolvimento de uma nova cadeira de rodas não precisa ter uma forma de movimentar completamente nova. A redução do esforço pode se dar pelo deslocamento da força de impulsão ou de direcionamento para outra parte mais forte

do corpo do cadeirante.

Assim, após levantamento da situação atual e compreensão do contexto que está inserido a cadeira de rodas manual, suas aplicações e características de movimentação, foi possível levantar as possibilidades de desenvolvimento de cadeira de rodas.

Considerando a percepção dos dois esforços que são necessários para a condução da cadeira de rodas, também realizou-se um levantamento preliminar das cadeiras de rodas motorizadas. Nesse levantamento, como a impulsão se realiza com o auxílio de um motor elétrico, o direcionamento pode ser apresentado de várias formas. Encontrou-se cadeiras de rodas direcionadas por manípulos eletrônicos tipo *joysticks* (mais comuns), equilíbrio do corpo, língua, movimentos da face e várias outras formas. Já algumas dessas maneiras de direcionar, quando aplicadas às cadeiras de rodas manuais, tornam-se complexas pois são sistemas sensíveis e na maioria das vezes caros, indo contra o conceito inclusivo da cadeira de rodas manual.

Com as informações disponíveis, realizou-se uma rodada de avaliação de possibilidades de desenvolvimento de sistemas para cadeira de rodas que viesse ao encontro da pergunta de pesquisa, buscando aumentar a autonomia na condução da cadeira de rodas para pessoas com restrição de movimento ou força nos membros superiores.

Como resultado das possibilidades de cadeiras de rodas manuais, identificou-se que, para reduzir as forças de condução, pode-se permanecer a impulsão com o uso dos braços e eliminar o esforço de direcionamento da cadeira, mantendo o conceito de cadeiras de rodas já desenvolvidas. Assim, o enfoque deste trabalho se alinhou para um novo sistema de direcionamento de cadeiras de rodas manuais, transferindo o esforço para outra parte do corpo do usuário, de modo que seja inovador em relação a todos os encontrados nas pesquisas anteriores e atendendo as necessidades do público-alvo.

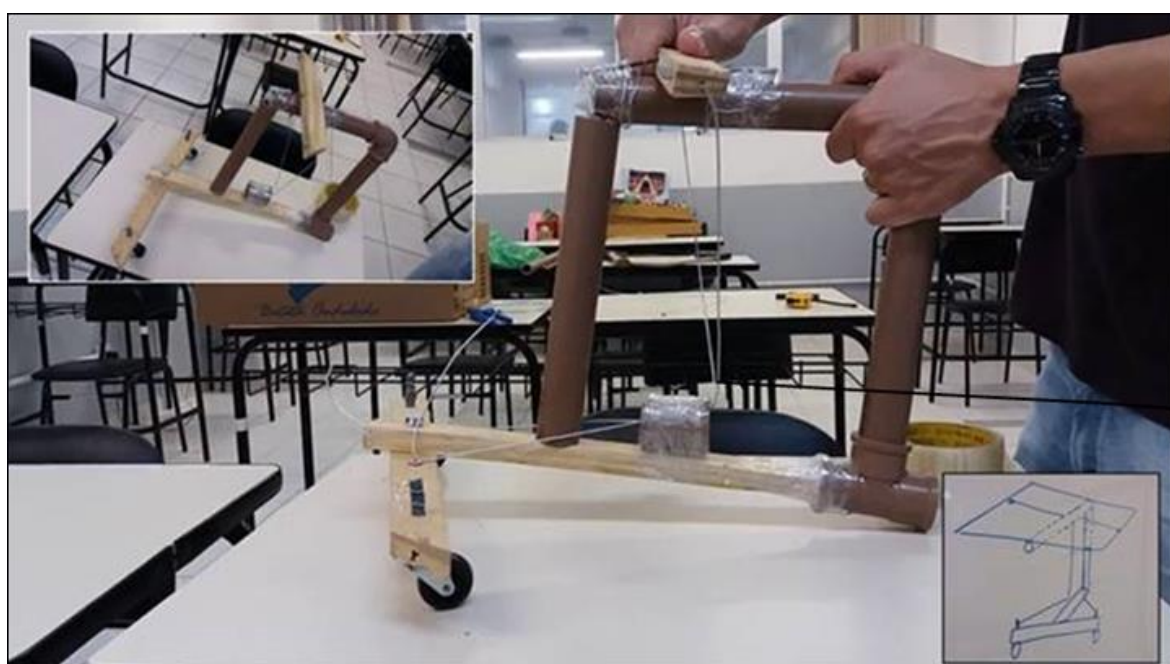
Após exclusão de possibilidades já identificadas, ocorreu a decisão de desenvolver um sistema de direcionamento de cadeira de rodas manuais através do movimento do tronco do usuário na cadeira. A ideia vencedora trata então do desenvolvimento de um sistema de direção mecânica, que permite que o usuário controle o sentido de movimento de uma cadeira de rodas manual através do

movimento lateral do corpo. Isso será possível através da transferência do movimento do assento da cadeira, para as rodas dianteiras. Uma inclinação do corpo à direita movimentará o assento à direita, e transfere para as rodas dianteiras este direcionamento. O mesmo caso para o lado esquerdo. O uso do movimento do corpo traz como benefício a redução de esforços musculares nos braços e o alívio de tensão nas mãos, o que pode reduzir problemas de saúde nos membros superiores, além do prazer e sensação de liberdade propiciada ao cadeirante.

### 3.4 Projeto, construção e avaliação do protótipo de produto

Com a decisão do tipo de sistema que seria proposto, buscou-se formas de viabilizar o desenvolvimento e projeto da ideia do sistema de direção. Como requisito ainda definiu-se que a proposta deveria ter baixo custo, sem a utilização de motores e partindo do conceito de cabos *push-pull* utilizados em embreagem de máquinas agrícolas. Assim, iniciou-se uma série de verificações, sendo basicamente com montagens simples com canos de PVC, madeira, parafusos, cabos, etc. Neste momento foi possível verificar a viabilidade de funcionamento do sistema de direção, conforme Figura 17.

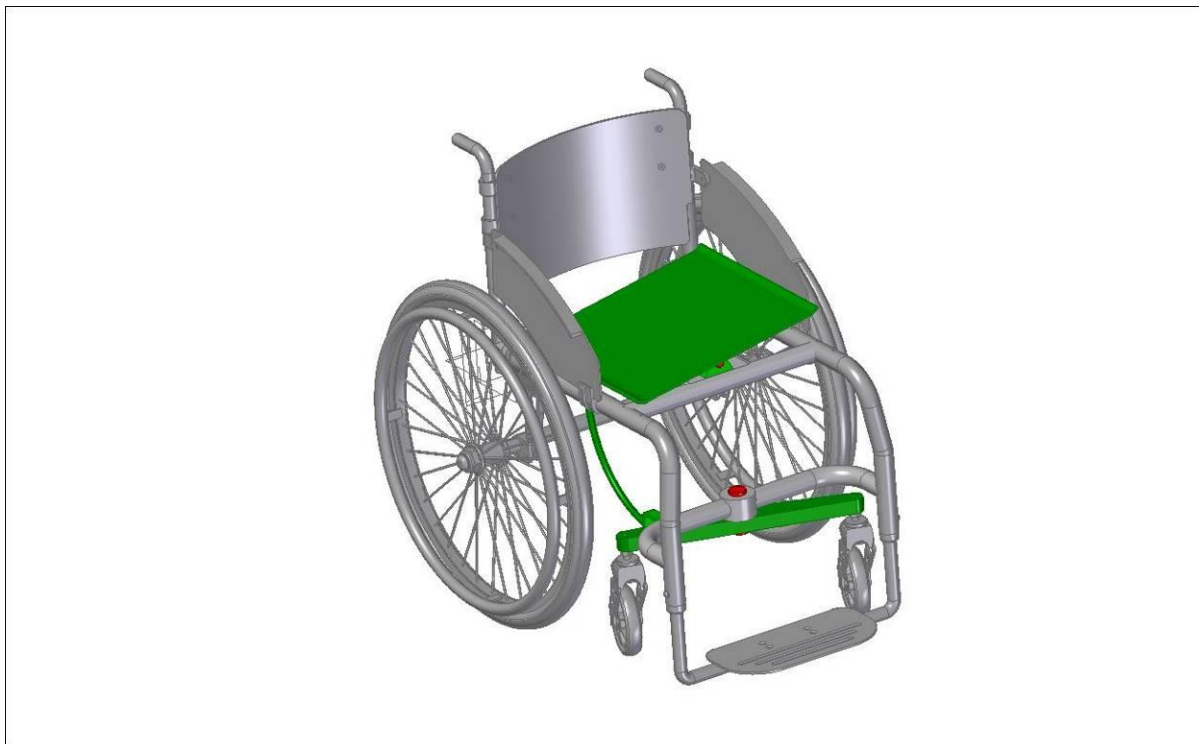
Figura 17 – Desenvolvimento inicial do sistema de direção



Fonte: o Autor

O projeto inicial do produto se deu em *software Solid Edge* com o desenho já dimensionado do produto e do sistema de direção que seria acionado pelo assento da cadeira de rodas, apresentado na Figura 18.

Figura 18 – Projeto inicial da cadeira de rodas com o sistema de direção



Fonte: o Autor

O início da construção do protótipo se deu a partir de uma cadeira de rodas comercial, para que fosse possível aproveitar o conceito já existente, podendo se dedicar à nova estrutura e ao sistema de direção. Assim, comprou-se uma cadeira de rodas manual reforçada para obesos e iniciou-se primeiramente a sua desmontagem (Figura 19) com verificação do máximo aproveitamento da estrutura existente e a preparação para os novos sistemas (Figura 20), conforme o projeto do produto.

Figura 19 – Desmontagem da cadeira de rodas comercial



Fonte: o Autor

Figura 20 – Estrutura inicial para o novo sistema da cadeira de rodas



Fonte: o Autor

Para construir a nova estrutura da cadeira optou-se pela utilização de eletrodutos de aço galvanizado, pois possuem a resistência mecânica necessária e suas conexões do tipo “T” formam um sistema modular que permitiu alterar a

posição das peças conforme a necessidade. Estas uniões em “T” foram divididas ao meio para possibilitar a montagem e a fixação foi realizada com parafusos e porcas sextavadas, conforme Figura 21.

Figura 21 – Eletrodutos, conexão em “T” e parafusos utilizados na estrutura



Fonte: o Autor

O novo assento foi confeccionado em madeira pois é um material de fácil conformação. As travessas de sustentação que também servem de mancal foram construídas no mesmo material e o eletrodutos serviram como eixo para a articulação do assento. Conforme Figura 22.

Figura 22 – Assento e mancal para articulação confeccionados em madeira



Fonte: o Autor

Em toda a construção deste protótipo tentou-se utilizar o máximo de recursos disponíveis como sobras de materiais do câmpus ou sucatas. Com a barra de direção não foi diferente, para a travessa utilizou-se uma viga em aço de perfil em “U”. E no seu eixo de giro o rolamento de uma das rodas da própria cadeira foi utilizado conforme mostra a Figura 23. Mas nos testes iniciais este sistema se mostrou frágil fazendo com que a barra se inclinasse para trás.

Figura 23 – Primeiro sistema de barra de direção



Fonte: o Autor

Em seguida, um novo sistema de barra de direção foi produzido utilizando uma travessa mais reforçada e um rolamento cônico de rolos de roda automotiva. Este sistema apresentou a robustez necessária para os testes.

Inicialmente as rodas originais da cadeira foram instaladas neste sistema, mas devido ao seu tamanho, a cadeira ficou muito alta em sua dianteira. Então as rodas foram substituídas por rodízios com dimensões reduzidas. (Figura 24).

Figura 24 – Novo sistema de direção utilizando rodízios



Fonte: o Autor

Como já citado anteriormente, a transmissão do movimento do assento para a barra da direção foi feita através de cabos *push pull*, que são capazes de exercer força tanto para puxar como empurrar, então seria necessário apenas um cabo.

Neste projeto o cabo não trabalha sempre alinhado, devido ao movimento da direção, então o cabo acabou dobrando nos testes sendo necessário a utilização de duas unidades.

Houveram dificuldades na instalação destes cabos pois seus comprimentos são pré-definidos e não possuem opção de regulagem, diminuindo as opções de posição para efetuar diferentes testes, conforme Figura 25.

Figura 25 – Instalação dos cabos push pull



Fonte: o Autor

Nos testes percebeu-se uma instabilidade no assento se movimentando facilmente para ambos os lados, mesmo sem a intenção do usuário em alterar a direção da cadeira. Então foram testados um par de amortecedores de mola a gás utilizados para abertura de portas de armários (Figura 26). Foram conectadas entre a estrutura da cadeira e o assento. Este teste não se mostrou eficaz pois este tipo de mola possui uma carga uniforme em todo seu curso de trabalho anulando a força entre elas. Isso fez com que o assento parasse em todas as posições sem retornar para a posição inicial (horizontal).

Figura 26 – Amortecedores de mola a gás instalados



Fonte: o Autor

A construção da cadeira de rodas com sistema de direcionamento acabou sendo muito importante para realizar os ajustes necessários para o andamento do projeto. Houveram várias modificações de projeto a partir do desenvolvimento do protótipo e testes práticos. Isso fez o protótipo retornar ao projeto em *Solid Edge* para corrigir os problemas, gerando uma nova versão do projeto indicado na Figura 27.

Figura 27 – Nova versão do projeto com ajustes



Fonte: o Autor

Com a avaliação do protótipo e definição da nova versão que seria desenvolvida com os ajustes, foi construída a versão melhorada da cadeira de rodas com sua estrutura toda soldada. Para fins de controle do projeto, todos os custos de materiais para o desenvolvimento estão apresentados no Relatório de custos do Apêndice B. A nova versão está apresentada na Figura 28.

Figura 28 – Visão geral da nova versão da concepção da cadeira de rodas

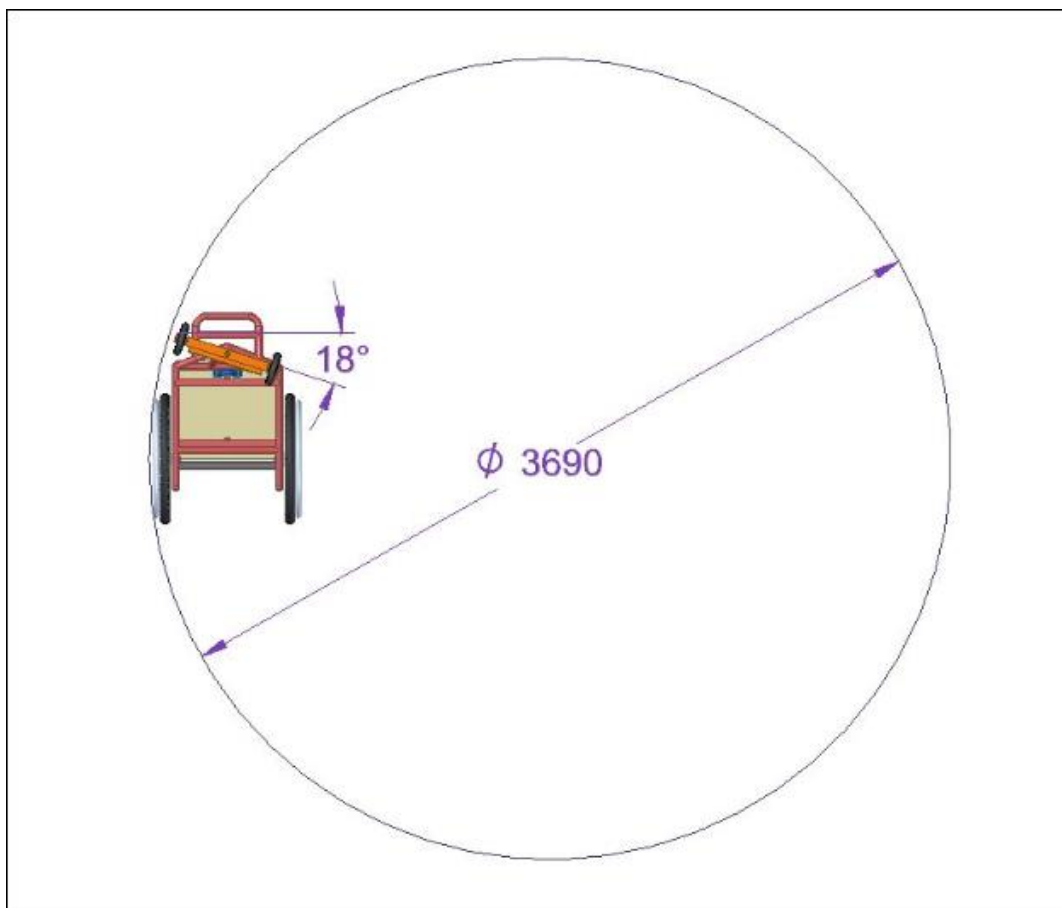


Fonte: o Autor

Entre as melhorias realizadas está a mudança da posição da barra de direção, ela foi avançada para frente aumentando sua distância em relação às rodas traseiras. Essa alteração foi necessária pois nos testes a cadeira apresentou desequilíbrio, tombando facilmente para frente e comprometendo a segurança do usuário. A posição da barra de direção foi definida com base no cálculo do centro de massa da cadeira somado à massa do usuário, realizado no *software Solid Edge*.

Com esta alteração, conseqüentemente houve um acréscimo no raio de giro (Figura 29) da cadeira de 3041 mm para 3690 mm, mas ainda assim é suficiente para manobrá-la.

Figura 29 – Raio de giro da nova versão do projeto



Fonte: o Autor

Com estas alterações na barra de direção, também foi possível melhorar sua mancalização utilizando os rolamentos e mancais originais da cadeira e deixando o sistema mais robusto. Este mancal foi instalado em uma posição mais elevada que anteriormente, permitindo a montagem das rodas originais da cadeira, maiores que os rodízios utilizados nos testes. Rodas com diâmetro reduzido travam com facilidade e dificultam a transposição de pequenos obstáculos. Estas alterações podem ser observadas na Figura 30.

Figura 30 – Novo mancal e barra de direção utilizando rodas originais



Fonte: o Autor

Para proporcionar um movimento suave e sem folgas, o assento foi montado sobre mancais com rolamentos conforme Figura 31. São componentes de baixo custo e de alta disponibilidade no mercado. A condição ideal seria criar suportes na estrutura para montar os eixos dos mancais ao invés de soldá-los diretamente no esqueleto da cadeira. Mas como se trata de um protótipo, a praticidade e a redução de custos foram fundamentais.

Figura 31 – Mancal de apoio e movimentação do assento



Fonte: o Autor

Conforme citado anteriormente, os testes com amortecedor de mola a gás para estabilizar o movimento do assento não ofereceram bons resultados. Para melhorar este quesito foram testadas molas de tração comuns e estas apresentaram resultados satisfatórios. O assento se mantém em equilíbrio e sempre tende a voltar para a posição horizontal. Os impactos gerados na barra de direção agora não são transferidos com tanta facilidade para o assento. A montagem das molas é apresentada na Figura 32.

Figura 32 – Montagem das molas de tração



Fonte: o Autor

Os cabos previstos inicialmente, tipo *push-pull*, foram testados de várias formas. Além da dificuldade de instalá-los por sua baixa flexibilidade, também foi difícil de encontrá-los no mercado por serem produtos de origem náutica e de máquinas agrícolas. A solução foi encontrada nos cabos e conduítes de freios de bicicletas (Figura 33), que são extremamente fáceis de encontrar e seus comprimentos são totalmente personalizáveis. Também foram utilizados parafusos reguladores que permitem um pequeno ajuste do cabo sem a necessidade de desmontar todo o sistema.

Figura 33 – Instalação dos cabos, conduites e parafusos reguladores de bicicleta



Fonte: o Autor

## 4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Para realizar os testes com a cadeira optou-se por criar um roteiro determinando diferentes tipos de movimento utilizando alguns obstáculos. Realizou-se uma pesquisa por roteiros já elaborados utilizados em treinamentos para cadeirantes e competições tipo *slalom* com cadeiras de rodas, que consiste em transpor vários obstáculos no menor tempo possível, mas nenhuma das opções possuem atividades que auxiliam na avaliação das principais características deste projeto. A fim de extrair o máximo de informação referente a estas características, definiu-se o seguinte roteiro:

- Descer um plano inclinado e direcionar a cadeira sem o uso das mãos.
- Menor distância entre cones para efetuar um deslocamento em ziguezague.
- Verificar o menor diâmetro de giro da cadeira.
- Subir na diagonal um plano inclinado.

Da mesma forma que uma cadeira de rodas comum, este protótipo exige que o usuário possua sensibilidade e habilidade para fazer os movimentos corretos a fim de direcionar a cadeira conforme desejar. Neste caso deve deslocar seu tronco apenas o suficiente para realizar a curva necessária. Mas em poucas horas de uso essa sensibilidade é alcançada.

Para que o usuário consiga transmitir o movimento para a direção da cadeira, o esforço sobre o assento é baixo. Percebeu-se que o responsável pela maior parte deste esforço é a própria massa corporal do usuário. E quanto maior a velocidade de deslocamento da cadeira, menor é o esforço sobre o assento.

O direcionamento da cadeira torna-se mais leve quando o usuário lança seu corpo para o lado ao invés de deslocá-lo lentamente. Para isso sentiu-se a ausência de apoios para o usuário se segurar trazendo mais segurança no movimento.

A Figura 34 demonstra a cadeira sendo direcionada sem o uso das mãos.

Figura 34 – Direcionamento da cadeira sem o uso das mãos



Fonte: o Autor

Outro teste realizado para verificar a capacidade da cadeira em fazer curvas foi alinhar três objetos e entre eles deixar o espaço mínimo necessário para que a cadeira consiga desviá-los em zigue-zague. Novamente, como no primeiro teste, este movimento pode ser realizado com facilidade e foi possível deixar a distância de 210 cm entre os obstáculos como mostra a Figura 35.

Figura 35 – Distância entre obstáculos



Fonte: o Autor

Como já citado neste trabalho, houve uma redução no raio mínimo de giro da cadeira em relação ao primeiro protótipo. Nesta última versão do protótipo o menor valor alcançado foi um raio de 187,5 cm, ou seja, a cadeira é capaz de dar uma volta completa sem manobras dentro de círculo com diâmetro de 375 cm. Este valor é 6 cm maior que a dimensão encontrada no projeto, mas na prática os cabos cedem quando tensionados impedindo a direção manter-se no final de seu curso. Se comparada à uma cadeira tradicional, essa diferença é ainda maior, porém levando em consideração que esta é capaz de girar em torno do seu próprio eixo. Mesmo necessitando uma quantidade maior de manobras para alterar o sentido da cadeira em um espaço restrito, a facilidade de movimentar a direção da cadeira torna esta manobra simples. A verificação do diâmetro mínimo de giro pode ser observada na Figura 36.

Figura 36 – Diâmetro mínimo de giro da cadeira



Fonte: o Autor

O teste de subir na diagonal em um plano inclinado possui o objetivo de verificar o comportamento da tração e direcionamento da cadeira nesta condição. Ao manobrar a cadeira, dependendo do nível de irregularidades do piso, uma das 4 rodas perde contato com o solo e se esta roda for responsável pela tração, conseqüentemente o movimento ficará comprometido. Isso se deve à rigidez elevada da barra de direção e a falta de rotação das rodas dianteiras no seu próprio

eixo. O direcionamento da cadeira não se compromete nesta condição pois basta que uma das rodas dianteiras fique em contato com o solo para que a direção exerça sua função. A Figura 37 demonstra esta situação.

Figura 37 - Roda traseira sem contato com o solo



Fonte: o Autor

Todos os testes foram realizados ao menos de duas maneiras, utilizando apenas uma mão e utilizando as duas mãos no aro de propulsão para tracionar a cadeira. A tração apresentou-se bem comprometida em relação ao esforço necessário utilizando apenas uma mão, da mesma forma que ficaria em uma cadeira tradicional. Já no direcionamento percebeu-se pouca variação. Ao realizar a tração apenas com uma mão o usuário necessita sustentar seu corpo sobre o assento que é móvel. Então há a necessidade de manter o assento estável para que não ocorra uma mudança de direção involuntária.

Durante estes testes constatou-se outros atributos ao protótipo que serão

relatados a seguir.

O acréscimo das molas de tração a este projeto deixou o movimento do assento mais estável, principalmente em velocidades mais elevadas em que direção torna-se bem leve e sem elas há a impressão da perda de controle do direcionamento. As molas também diminuem os impactos no final do curso entre o assento e a estrutura da cadeira.

Para transmitir o movimento do assento para as rodas dianteiras, todo o tronco do usuário deve se movimentar. Com isso percebeu-se um arraste do corpo sobre o encosto da cadeira. Além deste movimento ser desconfortável, podemos considerar que a massa do tronco sendo deslocado de um lado para o outro é um desperdício de energia e poderia ser utilizado para auxiliar no direcionamento da cadeira.

O assento deste protótipo não é personalizado de acordo com o tamanho do usuário e a sobra de espaço no assento faz com que o quadril se desloque para os lados dificultando o movimento.

Depois de concluída a fabricação da última versão da cadeira, todo o conjunto apresentou uma massa de 21,4kg. O transporte e manipulação desta cadeira tornaram-se comprometidos, mas durante o projeto e construção não houve preocupação em deixar a cadeira leve, visto que este não era o objetivo do trabalho. Se necessário o projeto da estrutura da cadeira pode ser reformulado reduzindo sua massa para um valor semelhante ao de uma cadeira tradicional, que possui em média 16Kg.

## 5 CONCLUSÃO

A demonstração e o processo de desenvolvimento e construção de uma nova concepção de cadeira de rodas ocorreu através de pesquisas com o público-alvo, compreendendo sua utilização. Após a definição de problemas existentes, pôde-se determinar qual deles seria abordado, identificar a forma de resolvê-lo, projetar e construir um protótipo.

Com o auxílio da equipe de Basquete em Cadeira de Rodas Raposas do Sul pôde-se entender o contexto da utilização da cadeira de rodas e levantar problemas que ocorrem com o público-alvo destes equipamentos.

A seguinte pergunta foi definida para expressar o problema levantado: como permitir que um cadeirante com restrição de movimento ou força nos membros superiores possa conduzir sua cadeira de rodas manual sem necessitar de outra pessoa? Após esta etapa realizou-se uma busca por projetos e cadeiras de rodas existentes que poderiam atender esta necessidade.

Como nenhuma das opções encontradas atende totalmente às necessidades, realizou-se um levantamento e estudo de possibilidades de soluções para o problema identificado. Definiu-se que a forma de atacar o problema seria eliminar o uso das mãos para direcionar a cadeira e passar a utilizar o tronco do cadeirante para este movimento.

Com o problema e solução definidos, iniciou-se o projeto e construção de um protótipo. Após alguns testes e melhorias identificadas durante este processo, o projeto recebeu alterações e um novo protótipo definitivo foi construído sobre a estrutura do existente.

O funcionamento do protótipo da cadeira de rodas no mínimo atendeu todas as expectativas, mas chegou a superá-las em vários quesitos. A facilidade de conduzi-la e sua agilidade para fazer as curvas são pontos bem positivos. O diâmetro de giro é superior ao de uma cadeira de rodas tradicional, necessitando de mais manobras em espaços restritos, mas a simplicidade para realizar estes movimentos facilita esta tarefa. De fato, este equipamento entrega mais liberdade de movimentos aos cadeirantes e diminui os esforços envolvidos em sua condução.

O contato direto com o público-alvo foi fundamental para o entendimento do problema. Outro ponto positivo do trabalho foi a oportunidade de construir um protótipo para experimentar na prática dificuldades que não seriam percebidas no

projeto. Este trabalho alcançou todos seus objetivos iniciais.

Como sugestão para trabalhos futuros pode-se citar o desenvolvimento de um sistema que bloqueie a barra de direção e libere a rotação das rodas dianteiras no seu próprio eixo. Dessa forma a cadeira pode ser guiada por uma pessoa que auxilie o cadeirante.

Reformular o projeto da estrutura da cadeira permitindo que ela se dobre. Reduzir sua massa total avaliando o excesso de robustez e troca de matéria prima com densidade menor. Assim a manipulação e transporte da cadeira serão facilitados.

Unir o encosto da cadeira ao seu assento e criar um apoio lateral para o tronco, dessa forma o deslocamento e massa da parte superior do corpo auxilia na transferência de movimento para a barra de direção. Este conjunto, que pode ser chamado de *cockpit*, evitaria o arraste das costas do usuário no encosto da cadeira e o desconforto gerado.

Este trabalho foi finalizado durante o período de isolamento social devido à pandemia da Coronavírus (COVID-19), portanto não foi possível realizar os testes finais com cadeirantes nem com a equipe de basquete que foi feita a pesquisa inicial. Assim fica como sugestão a avaliação do protótipo por cadeirantes que possam fazer a verificação real e prática do uso da cadeira de rodas com sistema de direção a partir do movimento do tronco.

## REFERÊNCIAS

- BACK, N. et al. **Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem**. São Paulo: Manole, 2008.
- BAXTER, M. **Projeto de Produto – Guia prático para o design de novos produtos** 2ª. Ed. São Paulo, Edgard Blucher, 2006.
- BERSCH, R. **Introdução à Tecnologia Assistiva**. Porto Alegre: Assistiva-Tecnologia e Educação, 2017.
- BONINGER, M.L., SOUZA, A.L., COOPER, R.A., FITZGERALD, S.G., KOONTZ, A.M., FAY, B.T. **Propulsion patterns and pushrim biomechanics in manual wheelchair propulsion**. Arch. Phys. Med. Rehabil. 83, 718–723, 2002.
- BRASIL. Lei 13.146 de 06 de julho de 2015. **Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência)**. Diário Oficial da União, 2015.
- BROWN, T. **Design Thinking – uma metodologia poderosa para decretar o fim das velhas ideias**. Rio de Janeiro, Elsevier, 2010.
- CHERUBINI, M.; MELCHIORRI, G. **Descriptive study about congruence in wheelchair prescription**. European Journal of Physical Rehabilitation Medicine, v.48, p.217-222, 2012.
- COSTA, P.C.R. **O Design de Customização das Cadeiras de Rodas** (Tese de Doutorado) -Faculdade de Arquitectura. UTL: Lisboa, 2012.
- DYSTERHEFT, J. et al. **Effects of Daily Physical Activity Level on Manual Wheelchair Propulsion Technique in Full-Time Manual Wheelchair Users During Steady-State Treadmill Propulsion**. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 2017.
- GROOT, S. VEGTER, R. J.; VUIJK, C.; VAN DIJK, F.; PLAGGENMARSCH, C.; SLOOTS, M.; VAN DER WOUDE, L. H. **WHEEL-I: development of a wheelchair propulsion laboratory for rehabilitation**. Journal of rehabilitation medicine, v. 46, n. 6, p. 493-503, 2014.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Brasileiro de 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.
- MEDOLA, F. O. ELUI, V. M. C., DA SILVA SANTANA, C., & FORTULAN, C. **Aspects of manual wheelchair configuration affecting mobility: A review**. Journal of physical therapy science, v. 26, n. 2, p. 313-318, 2014
- OMS - ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Diretrizes sobre o fornecimento de cadeiras de rodas manuais em locais com poucos recursos**. 2008.

ROZENFELD, H. et al. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos – uma referência para a melhoria do processo**. São Paulo: Saraiva, 2006.

SOUZA, A L.; BONINGER, M. L.; KOONTZ, A. M.; FAY, B. T.; COOPER, R. A.; **A Classification of Stroke Patterns in Manual Wheelchair Users**. Resna, 2000.

VIANNA, M., VIANNA Y., ADLER I., LUCENA B. E RUSSO B. **Design Thinking: Inovação em Negócios**. MJV Press. Rio de Janeiro, RJ. 2012.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **WHO World Health Survey**. 2004. Health statistics and information systems. Disponível em: <https://www.who.int/healthinfo/survey/en/>. Acesso em: 01 dez. 2020.

## APÊNDICE A – Solicitação de Autorização para Participação em Pesquisa



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA  
CAMPUS JARAGUÁ DO SUL - RAU  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM FABRICAÇÃO MECÂNICA

### Solicitação de Autorização para Participação em Pesquisa

Jaraguá do Sul, 12 de março de 2019

A unidade curricular de Gestão do Processo de Desenvolvimento de Produtos, do **Curso Superior de Tecnologia em Fabricação Mecânica (CSTFM)** do Instituto Federal de Santa Catarina, Campus Jaraguá do Sul - Rau, propicia aos seus alunos a oportunidade de desenvolver projetos de inovação em produtos, através de técnicas e ferramentas modernas. Para isso, está realizando um projeto de extensão e pesquisa que envolve uma nova concepção de cadeira de rodas para basquetebol, tema escolhido pelos próprios alunos neste semestre 2019/1.

Tal projeto possui um conjunto de etapas de estudo das práticas, regras, movimentos, produto atual, restrições e detalhes de uso e tem como premissa o envolvimento da comunidade fornecendo informações reais e de cotidiano. Assim, solicitamos à equipe **Raposas do Sul - Basquetebol em Cadeiras de Rodas** de Joinville-SC, a autorização e participação neste projeto, simulando movimentos, apresentando posicionamentos corporais, sugerindo novas possibilidades de uso e respondendo às perguntas elaboradas pelos alunos, com vistas à identificação da interação do usuário com o produto atual na prática de basquetebol em cadeira de rodas.

Os benefícios relacionados à sua participação neste projeto serão: disseminar os conceitos e práticas do esporte de basquetebol em cadeira de rodas e aumentar o conhecimento científico para a área de Desenvolvimento de Produtos, propiciando o aumento da relação teoria-prática para os alunos do CSTFM.

Os dados coletados, imagens e vídeos, serão utilizados para a divulgação em trabalhos acadêmicos, eventos e/ou revistas científicas, assim como atividades resultantes deste projeto, o que inclui a divulgação em mídias sociais, sites de notícias e em concursos de inovação acadêmica, sempre com o cuidado de enaltecer a participação da equipe Raposas do Sul como forma de agradecimento pelas contribuições.

Contando com a autorização desta instituição, agradecemos e coloco-me à disposição para qualquer esclarecimento.

Atenciosamente,

Edson S. M. Teixeira, Dr  
Coordenador do CSTFM - Portaria 826 de 07/03/19  
IFSC Campus Jaraguá do Sul - Rau

Autorizo:

Bráulio Fonseca Teixeira  
Coordenador Técnico

### APÊNDICE B – Relatório de custos de materiais

Descrição da Despesa	Fornecedor (Nome e CNPJ/CPF)	Qtd.	Valor (R\$)
Cadeira de Rodas 120kg	Viva Bem Produtos Hospitalares 12.628.385/0001-15	1	R\$ 1.900,00
Cano ½ Galvanizado S/Rosca	Kiferro Com. de Ferro e Aco Ltda. 73.989.956/0001-31	5,96	R\$ 53,46
Parafuso Sextavado 8x45	Kiferro Com. de Ferro e Aco Ltda. 73.989.956/0001-31	6	R\$ 3,80
Porca Sextavada 8x1,25	Kiferro Com. de Ferro e Aco Ltda. 73.989.956/0001-31	6	R\$ 0,80
Arruela Lisa 8x17x1,6	Kiferro Com. de Ferro e Aco Ltda. 73.989.956/0001-31	12	R\$ 1,11
Tee ½ Galvanizado	Kiferro Com. de Ferro e Aco Ltda. 73.989.956/0001-31	6	R\$ 29,24
Cotovelo 90 ½ Galvanizado	Kiferro Com. de Ferro e Aco Ltda. 73.989.956/0001-31	2	R\$ 7,89
Acréscimo Valor IPI	Kiferro Com. de Ferro e Aco Ltda. 73.989.956/0001-31		R\$ 5,09
Comp. Naval Virola 250x160 18mm	Laups Comércio de Laminados e Ferragens Ltda.  00.099.240/0001-95	0,09	R\$ 15,08
Tee ½ Galvanizado	Kiferro Com. de Ferro e Aco Ltda. 73.989.956/0001-31	8	R\$ 40,94
Parafuso Sextavado 8x45	Kiferro Com. de Ferro e Aco Ltda. 73.989.956/0001-31	12	R\$ 7,21

Descrição da Despesa	Fornecedor (Nome e CNPJ/CPF)	Qtd.	Valor (R\$)
Porca Sextavada 8x1,25	Kiferro Com. de Ferro e Aco Ltda. 73.989.956/0001-31	12	R\$ 1,73
Arruela Lisa 8x17x1,6	Kiferro Com. de Ferro e Aco Ltda. 73.989.956/0001-31	12	R\$ 1,22
Parafuso Sextavado 12x65	Kiferro Com. de Ferro e Aco Ltda. 73.989.956/0001-31	3	R\$ 5,60
Porca Sextavada 12x1,75	Kiferro Com. de Ferro e Aco Ltda. 73.989.956/0001-31	6	R\$ 2,98
Arruela Lisa 12x24x2	Kiferro Com. de Ferro e Aco Ltda. 73.989.956/0001-31	6	R\$ 1,45
Sucata de Ferro	Ferro Velho Spezia Ltda. 09.007.265/0001-98	5,715	R\$ 20,00
Disco Multi-Corte Norton 115x1,0x22,23	Sipar Ferramentas Ltda. 01.056.640/0002-67	1	R\$ 20,34
Rodízio 4" Giratório C/Espiga	Sipar Ferramentas Ltda. 01.056.640/0002-67	2	R\$ 89,29
Parafuso Sextavado 6x60	Sipar Ferramentas Ltda. 01.056.640/0002-67	8	R\$ 3,88
Arruela Lisa 8x18x1,2	Sipar Ferramentas Ltda. 01.056.640/0002-67	8	R\$ 1,23
Porca Sextavada 6x1,0	Sipar Ferramentas Ltda. 01.056.640/0002-67	8	R\$ 0,68

<b>Descrição da Despesa</b>	<b>Fornecedor</b> (Nome e CNPJ/CPF)	<b>Qtd.</b>	<b>Valor (R\$)</b>
Parafuso Sextavado ½"	Sipar Ferramentas Ltda. 01.056.640/0002-67	2	R\$ 6,92
Porca Sextavada 12x1,75	Sipar Ferramentas Ltda. 01.056.640/0002-67	4	R\$ 2,56
Arruela Lisa 13,4x32x1,85	Sipar Ferramentas Ltda. 01.056.640/0002-67	8	R\$ 4,53
Porca Sextavada 12x1,75	Sipar Ferramentas Ltda. 01.056.640/0002-67	4	R\$ 2,56
Sucata de Ferro	Ferro Velho Spezia Ltda. 09.007.265/0001-98	5,715	R\$ 20,00
Mola de Tração 1,8x18x127	Sipar Ferramentas Ltda. 01.056.640/0002-67	2	R\$ 72,65
Mola de Tração 2,22x18x160	Sipar Ferramentas Ltda. 01.056.640/0002-67	2	R\$ 72,15
Mancal Completo RCC	Sul Brasil Rolamentos Ltda. 04.172.059/0001-18	2	R\$ 50,00
Parafuso Regulador Maçaneta	Pedalando Gostoso Comércio de Peças para Bicicletas Ltda. 78.358.967/0001-37	4	R\$ 4,00
Quebra Galho Acelerador	Pedalando Gostoso Comércio de	4	R\$ 14,00

<b>Descrição da Despesa</b>	<b>Fornecedor</b> (Nome e CNPJ/CPF)	<b>Qtd.</b>	<b>Valor (R\$)</b>
Mobyl	Peças para Bicycletas Ltda. 78.358.967/0001-37		
Cabo de Freio	Pedalando Gostoso Comércio de Peças para Bicycletas Ltda. 78.358.967/0001-37	2	R\$ 2,00
Conduite Encapado Colorido	Pedalando Gostoso Comércio de Peças para Bicycletas Ltda. 78.358.967/0001-37	2	R\$ 4,00
Terminal de Conduite	Pedalando Gostoso Comércio de Peças para Bicycletas Ltda. 78.358.967/0001-37	4	R\$ 0,60
Terminal de Cabo	Pedalando Gostoso Comércio de Peças para Bicycletas Ltda. 78.358.967/0001-37	4	R\$ 0,40
Desconto Valor ICMS	Pedalando Gostoso Comércio de Peças para Bicycletas Ltda. 78.358.967/0001-37		-R\$ 5,80
Estrutura para Cadeira de Rodas	Caremaq Metalúrgica Ltda. 19.515.082/0001-35	1	R\$ 1.199,59
<b>Valor Total (R\$)</b>			<b>R\$ 3.663,18</b>