



Universidade de Brasília - UnB

Faculdade UnB Gama - FGA

Engenharia Automotiva, Engenharia Eletrônica, Engenharia de
Energia e Engenharia de Software

KIT UNIVERSAL DE AUTOMAÇÃO DE CADEIRAS DE RODAS

Autor: Grupo Cadeira de rodas automatizada

Orientador: Professores Orientadores da Matéria

Brasília, DF

2015



Grupo Cadeira de rodas automatizada

KIT UNIVERSAL DE AUTOMAÇÃO DE CADEIRAS DE RODAS

Relatório para matéria do curso de graduação de Engenharias, Projeto Integrador 2

Universidade de Brasília - UnB

Faculdade UnB Gama - FGA

Orientador: Professores Orientadores da Matéria

Coorientador: Professores Orientadores da Matéria

Brasília, DF

2015

"A deficiência não precisa ser um obstáculo para o sucesso."

Professor Stephen W Hawking

Orientadores

Nome orientador	Engenharia
Luiz Carlos Gadelha de Souza	Engenharia Aeroespacial
Alessandro Borges de Sousa	Engenharia Automotiva
Edson Mintsu Hung	Engenharia Eletrônica
Jungpyo Lee	Engenharia de Energia
Paulo Roberto Miranda Meirelles	Engenharia de Software
Ricardo Matos Chaim	Engenharia de Software

Membros

Nome Aluno	Matricula	Engenharia
Carlos Filipe Araujo	10/0096093	Automotiva
Edward Douglas M. Pereira Junior	10/0028349	Automotiva
Felipe Duerno do Couto Almeida	11/0116712	Eletrônica
Gustavo Vinicius Martins Arvelos	09/0115830	Eletrônica
Henrique Berilli Silva Mendes	11/0120841	Eletrônica
Luiz Cláudio Percy	10/46497	Eletrônica
Bruno Carlos dos S. Moraes	10/43854	Energia
Bruno Lossio	10/0095208	Energia
Felipe de Souza Campos	10/0054323	Energia
Jéssica Rocha Gama	10/0054501	Energia
Rafael Ferrato	10/0120491	Energia
Felipe César	09/0005694	Software
Thabata Helen Macedo Granja	09/0139658	Software
Victor Cotrim de Lima	09/0134699	Software

Lista de abreviaturas e siglas

IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
VPN	Virtual Private Network
XP	Extreme Programming
SLA	Bateria Selada Chumbo-Ácido
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBR	Norma Brasileira

Sumário

1	INTRODUÇÃO	11
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
2.1	Power Train	13
2.1.1	Motor	13
2.1.2	Bateria	14
2.1.2.1	Carregando Baterias	15
2.2	Controle	16
2.2.1	Dispositivos de controle	17
2.2.1.1	Joystick	17
2.2.1.2	Smartphones	17
2.2.2	Tecnologias	17
2.2.2.1	Raspberry PI	17
2.2.2.2	Python	18
2.2.2.3	Bluetooth	18
2.2.3	Controle do motor	18
3	METODOLOGIA	21
3.1	Estrutura	21
3.2	Power Train	21
3.3	Controle	21
3.4	Metodologia de organização e monitoramento	21
3.5	Integração entre Engenharias	23
4	RESULTADOS	25
4.1	Estrutura	25
4.2	Power Train	27
4.2.1	Motor	27
4.2.2	Baterias	27
4.2.2.1	Autonomia	28
4.3	Controle	29
4.4	Interface com o usuário	30
4.4.1	Joystick	30
4.4.1.1	Smartphone	31
4.4.1.2	Protótipo	31

5	PERSPECTIVA	33
5.1	Incremento atual	33
5.1.1	Estrutura	33
5.1.2	Power Train	33
5.1.3	Controle	33
5.1.4	Interface com Usuário	34
5.2	Próximos passos	34
5.2.1	Estrutura	34
5.2.2	Power Train	34
5.2.3	Interface com Usuário	35
5.2.4	Controle	35
5.3	Cronograma	35
	REFERÊNCIAS	37

1 Introdução

A Cadeira de rodas manual (CRM) é um importante instrumento para a funcionalidade diária na vida daqueles que tem os membros inferiores comprometidos. Segundo uma pesquisa realizada em 2010 pelo IBGE existe cerca de 4,4 milhões de indivíduos incapazes ou com grandes dificuldades de locomoção em todo o Brasil ((SDH/PR), 2012), cadeirantes, em sua maioria.

Segundo Sagawa et al as CRM são consideradas meios de locomoção de baixa eficiência mecânica (2 a 10%), além disso os membros superiores não foram preparados para fazerem tantos esforços e movimentos repetidos, para indivíduos que ainda estão em fase de adaptação esse esforço é ainda maior e para aqueles com sobrepeso os problemas de sobrecarga podem ser tão sérios quanto os riscos cardiovasculares. Na busca de aumentar a funcionalidade de independência do indivíduo a cadeira de rodas elétrica surgiu oferecendo ao indivíduo maior facilidade e eficácia no deslocamento, no entanto, cadeiras de rodas elétricas têm um alto custo e muitas não são portáteis como CRM.

Nesse âmbito, nos últimos anos projetos de automação de cadeiras de rodas manuais (LOCKTON, 2004), (FILHO et al., 2010), (EVEREST; JENNINGS, 1937), (HAMANAKA, 2002) vem sendo testados, estes dão ao cadeirante a facilidade de mobilidade e ao mesmo tempo utilizam-se do fato de que a cadeira de rodas manual do cadeirante já está com a ergometria adaptada as necessidades do indivíduo.

Dessa forma, diante da importância entre a relação homem/cadeira de rodas o presente trabalho tem como objetivo prototipar um kit de automação de cadeira de rodas que seja acoplável a todas as cadeiras de rodas. Para garantir que esse produto seja compatível com o maior número de cadeiras de rodas do mercado possível, seguir-se-á o padrão especificado pela NBR 9050 (ABNT, 2004) e as dimensões do INMETRO ([HTTP://WWW.INMETRO.GOV.BR/](http://www.inmetro.gov.br/), 2015)

2 Fundamentação Teórica

As cadeiras de rodas motorizadas proporcionam conforto, segurança, rapidez e prevenção de lesões nos membros superiores devido ao uso repetitivo em cadeiras de rodas manuais. Porém, uma cadeira de rodas motorizada representa um alto custo: em uma análise do impacto orçamentário realizada pelo Departamento de Economia da Saúde, Investimento e Desenvolvimento- Ministério da Saúde-DESID/SE/MS, o preço sugerido para uma cadeira de rodas motorizada é de R\$ 4.999,00, além do custo de manutenção (CONITEC, 8 de maio de 2013). Além disso, outro problema que as cadeiras de rodas motorizadas possuem é que em caso de necessidade, não podem ser usadas como cadeiras de rodas manuais, pois possuem rodas pequenas para aproveitar melhor a potência dos motores e sistema de transmissão. Outro detalhe importante é que cadeiras de rodas motorizadas são geralmente pesadas, e não possuem as facilidades de transportes das cadeiras manuais.

2.1 Power Train

2.1.1 Motor

Motor é uma máquina que tem a capacidade de transformar energia elétrica em energia mecânica (MEGGIOLARO; GIRAS, 2011), existem dois tipos de motores, motor de corrente alternada (CA) e os de corrente contínua (CC).

As cadeiras de rodas automáticas utilizam de baterias como fonte de alimentação para os motores, portanto se deve utilizar motores de corrente contínua. Este tipo de motor é muito utilizado em projetos que necessitam de velocidades variáveis, eles também apresentam uma região de torque e potência constante e são simples de realizar a aceleração e a desaceleração (HAMANAKA; DIAS, 2002).

É necessário que as relações de velocidades entre os motores tenham um sistema de controle rígido de forma que o usuário consiga controlar a cadeira adequadamente. Os motores devem responder aos comandos sem que haja erros por uma questão de segurança. Uma metodologia para o dimensionamento de sistemas de tração para veículos elétricos é baseada na dinâmica veicular e considerando três condições de operação:

- Aceleração inicial
- Velocidade nominal
- Velocidade máxima

Um sistema que supre essas três condições funcionará adequadamente nos demais regimes de operação. Os parâmetros que definem essas restrições são:

- Velocidade nominal do veículo
- Tempo especificado para o veículo atingir a velocidade nominal
- Velocidade máxima
- Massa do veículo

O objetivo é atender as restrições de projeto com o menor requerimento de potência, ou seja, obter um perfil de torque-velocidade ótimo para o sistema de tração elétrica. Os motores de corrente contínua utilizam das forças eletromagnéticas para transformar energia elétrica em mecânica, eles funcionam com uma fonte retificada, ou seja, que possuem polaridade fixa. Esse tipo de motor possui dois terminais, um positivo e outro negativo que de acordo com a polaridade e o sentido da corrente controlam a repulsão dos eletroímãs e consequentemente o sentido da rotação do motor.

Uma das maiores vantagens dos motores de corrente contínua é o controle da velocidade que é feito com o dreno de corrente para o motor. Porém são mais difíceis de serem construídos e mais propícios a problemas, gerando uma maior manutenção, além disso, são propícios a problemas com faíscas internas o que impede o seu uso em ambientes perigosos.

2.1.2 Bateria

Baterias são dispositivos que transformam energia química em elétrica e vice-versa. Por ser um processo reversível, as baterias podem ser carregadas e descarregadas várias vezes. Hoje no mercado existem vários tipos de baterias, com diferentes condições nominais.

A bateria adequada ao projeto seria uma bateria de chumbo ácida, muito utilizada em veículos devido a seu fácil acesso e baixo custo. Atualmente ela já é utilizada em cadeiras de rodas elétricas. Este é o tipo menos eficiente de bateria, com a pior relação peso/energia, em compensação, é a tecnologia mais barata.

Inventadas em 1859 pelo físico francês Gaston Planté, é muito utilizada hoje em dia em diferentes áreas, como automóveis, sistemas de fornecimento de energia elétrica ininterrupta (no-breaks) e cadeiras de rodas elétricas. Desprezando-se o problema do peso, é a bateria que mais se adéqua ao projeto

Um grande problema foi solucionado na década de 70, onde pesquisadores conseguiram desenvolver uma bateria de chumbo-ácido livre de manutenção, podendo operar

em qualquer posição. Nesta bateria, o invólucro foi selado e o eletrólito líquido foi transformado em separadores umedecidos.

As baterias SLA (bateria selada chumbo-ácido), também conhecida como Gelcell, tem uma faixa típica de capacidade que vai de 0,2 Ah até 30 Ah. Esse tipo de bateria está livre do famoso efeito memória, e deixar a bateria em carga flutuante por um longo período não causa nenhum dano.

A bateria de chumbo-ácido tem a melhor retenção de carga entre todas as baterias recarregáveis. As baterias de SLA descarregam, em média, aproximadamente 40% da sua energia armazenada em 1 ano, já uma de NiCd se auto descarrega na mesma quantidade em 3 meses.

As baterias SLA devem sempre ser armazenadas carregadas. Deixar a bateria descarregada causa sulfatação, uma condição que torna difícil, se não impossível, de se recarregar as baterias. A bateria SLA consegue fornecer entre 200 e 300 ciclos de carga/descarga.

Vantagens:

- A mais barata em termos de custo por Watt horas;
- Segura e durável quando utilizada corretamente;
- Auto descarga está entre as mais baixas entre as baterias com sistema de recarga;
- Não exige muita manutenção e não tem o efeito memória.

Limitações:

- A bateria não pode ser armazenada em completa descarga, a tensão tem de estar acima de 2,10V;
- Densidade baixa da energia;
- Ciclo de carga/descarga limitado;
- O eletrólito e o conteúdo da carga podem causar danos ambientais;
- Imprópria para dispositivos de mão que exigem tamanho compacto.

2.1.2.1 Carregando Baterias

O tempo de carga de uma bateria de Chumbo-Ácido (selada) é de 12 a 16 horas. Com correntes de carga maiores, e métodos de carga multi-estágios, o tempo de carga pode ser reduzido para 10 horas ou menos. Durante a carga em corrente constante, a bateria carrega 70% em aproximadamente 5 horas; os 30% restantes são completados por uma lenta carga de pico. A corrente de pico dura outras 5 horas e é essencial para o bem estar da bateria.

2.2 Controle

Desde a primeira patente de cadeira de rodas elétrica em 1937 (EVEREST; JENNINGS, 1937), diversos modelos de cadeiras de rodas motorizadas foram desenvolvidos. As mais diversas interfaces humano-computador foram criadas de modo a facilitar a vida do cadeirante, desde cadeiras elétricas com um joystick simples à cadeiras inteligentes controladas por voz ou sem fio via celular, com monitoramento de velocidade, bateria e inclinação (BARCELOS et al., 2008). Foram pesquisadas várias formas de controle de cadeiras de rodas que podem ser consultados na tabela 1.

Tabela 1: Lista de dispositivos de controle de cadeiras de rodas elétricas.

Interface	Comunicação	Monitoramento	Características
Joystick tradicional	Sem ou com fio, dependendo da aplicação.	Pouco, geralmente apenas o nível da bateria.	Contém mecanismo para encaixe na cadeira de rodas e ainda botões de emergência, os dados são enviados via bluetooth ou fio para o microcontrolador, onde é feito todo o processamento.
Joystick adaptado para o queixo	Com fio.	Nenhum.	Joystick fixo é adaptado para o controle com o queixo, utilizado por tetraplégicos.
Aplicativo em smartphone	Sem fio (VPN ou Bluetooth)	Total: nível da bateria, velocidade, inclinação e etc.	Um aplicativo de controle é instalado no celular, onde são mostradas as condições da cadeira e o usuário gera os comandos, todo o processamento é feito no microcontrolador, a aquisição e envio dos dados de monitoramento e as ações geradas pelo usuário.
Guidão e motor dianteiro	Mecânica.	Pouco ou nenhum.	Apenas para motores dianteiros.

2.2.1 Dispositivos de controle

2.2.1.1 Joystick

O joystick é um periférico de computador pessoal ou um dispositivo geral de controle que consiste em uma vara vertical na qual os pivôs se aproximam de uma extremidade e transmitem seu ângulo em duas ou três dimensões a um computador (MCGUIRE; JENKINS, 2009). O Joystick, muito utilizado em computadores e jogos eletrônicos provou sua utilidade em diversas áreas.

2.2.1.2 Smartphones

São dispositivos repletos de funções, tem uma grande portabilidade e sua facilidade de integração com outros sistemas é grande, dessa forma tornando-se uma possível solução para a interação do usuário com o sistema da cadeira de rodas.

2.2.2 Tecnologias

2.2.2.1 Raspberry Pi

O Raspberry Pi é um computador do tamanho de um cartão de crédito que faz uso do sistema operacional Linux, foi desenvolvido para rodar aplicações de todos os tipos, internet, vídeo, dentre outras que geralmente rodam em um computador pessoal comum. Possui entradas USB que permitem a conexão de periféricos como mouse, teclado, câmeras e saídas para TVs como HDMI. Possui apenas memória volátil, sem disco rígido e roda o sistema operacional a partir de um cartão de memória (RASPEBERRY... , 2015).

O Raspberry Pi tem como principal componente um pequeno circuito integrado que reúne o processador com a arquitetura ARM, a GPU VideoCore IV e a memória RAM que é compatível com o sistema operacional GNU/Linux. As especificações gerais do modelo mais provável a ser utilizado no projeto, o *Raspberry Pi Model B*, que pode ser visto na figura 1, são:

- Processador ARM 11 de 700 MHz;
- GPU VideoCore IV de 250 MHz;
- 256 MB total de RAM;
- Saída de vídeo HDMI e RCA;
- Saída de áudio P2;
- Interface de rede Ethernet;
- 2 portas USB;

- Conector Micro USB para alimentação (5 volts, 700mA).

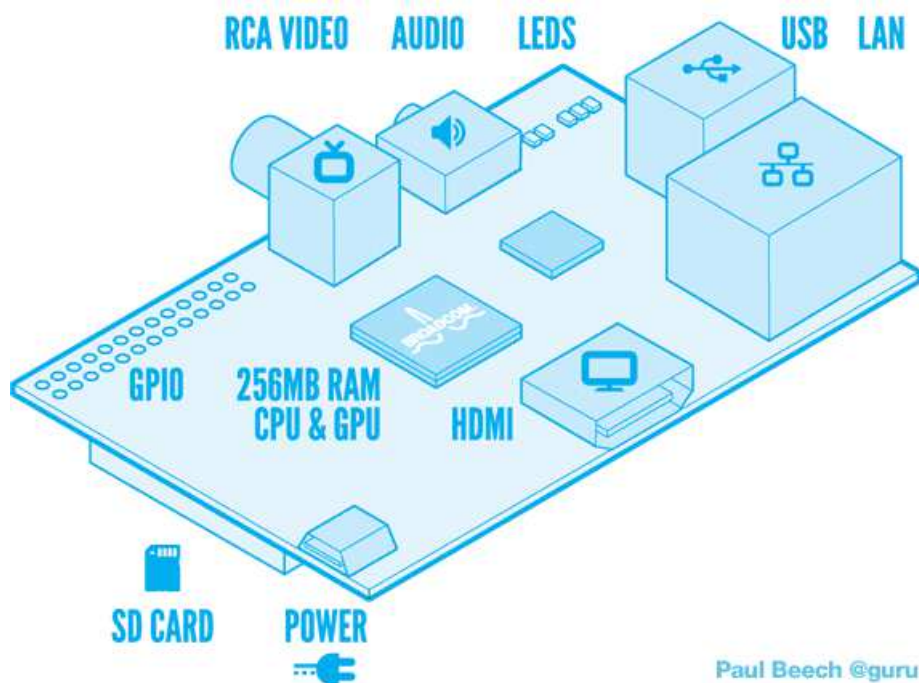


Figura 1: Esquemático componentes Raspberry Pi

2.2.2.2 Python

Uma das linguagens a ser adotada será Python devido a facilidade de existir bibliotecas específicas que controlam o GPIO (General Purpose Input/Output) do Raspberry Pi. Essa linguagem é uma linguagem de programação de alto nível, interpretada, orientada a objetos, de tipagem dinâmica. Tem uma sintax consisa e clara, juntamente com uma biblioteca com recursos poderosos. Os módulos e frameworks ainda não foram decididos.

2.2.2.3 Bluetooth

Bluetooth é um padrão de tecnologia de transmissão de dados sem fio para curtas distâncias, utilizando ondas de rádio UHF (de 2.4 à 2.485GHz ([HOME.ASPX, 2015](#))). É utilizada pelos mais diversos dispositivos, como celulares, notebooks, desktops, sistemas embarcados, carros e etc, com esta tecnologia é possível conectar uma serie de dispositivos sem apresentar problemas de sincronização.

2.2.3 Controle do motor

Geralmente motores precisam de corrente relativamente altas para controlar o seu funcionamento, assim é necessário que o sistema seja capaz de drenar corrente suficiente para os dispositivos. Considerando a característica dos motores de corrente contínua, sua

direção é controlada pelo sentido da corrente, pode-se construir um sistema para o controle do sentido de forma simples utilizando apenas chaves, transistores e o circuito de ponte H.

3 Metodologia

3.1 Estrutura

Modelagem 3D do dispositivo: será construído um modelo 3D da estrutura, seguindo as dimensões especificadas pela NBR 9050 ([ABNT, 2004](#)) e as dimensões do IMETRO, utilizando para isto o software Catia V5 3D.

3.2 Power Train

Especificação do conjunto motor bateria: serão levantados os requisitos necessários do motor e qual tipo de bateria se adequa melhor ao projeto.

3.3 Controle

Especificação de tecnologia: estudo e escolha da melhor tecnologia voltada para o problema. Estudo de qual tipo de controlador de potência a ser usado no motor, para controle de sua corrente

3.4 Metodologia de organização e monitoramento

Para a execução do projeto o grupo organizou com base nas metodologias ágeis "Extreme Programming" (XP) e Scrum, comuns a engenharia de software, porém, estas metodologias foram adaptadas conforme a necessidade e o contexto do projeto que este documento descreve. Um exemplo destas adaptações é a ausência de um "Product Owner", para esta representação todo o grupo a exercerá através de reuniões para tomadas de decisão.

O Scrum e o XP são metodologias ágeis que nos baseamos para o planejamento do processo produtivo. No início do projeto foi definido o escopo, product backlog, de uma forma mais macro, resultando assim na nossa EAP, que pode ser observada na figura 2.

O projeto foi dividido em Sprints, técnica do Scrum baseada em intervalos fixos de tempo para a entrega de uma parte do produto final (Builds), que por votação interna teve sua duração limitada a uma semana. Foi definido também que a cada início de Sprint será realizada Planning, reunião dedicada ao planejamento de toda a Sprint. Em seu decorrer será realizado dailies, um feedback diário de cada membro, ou cada pairing do que foi realizado naquele dia, se existe alguma dificuldade e o que será feito no próximo dia. No

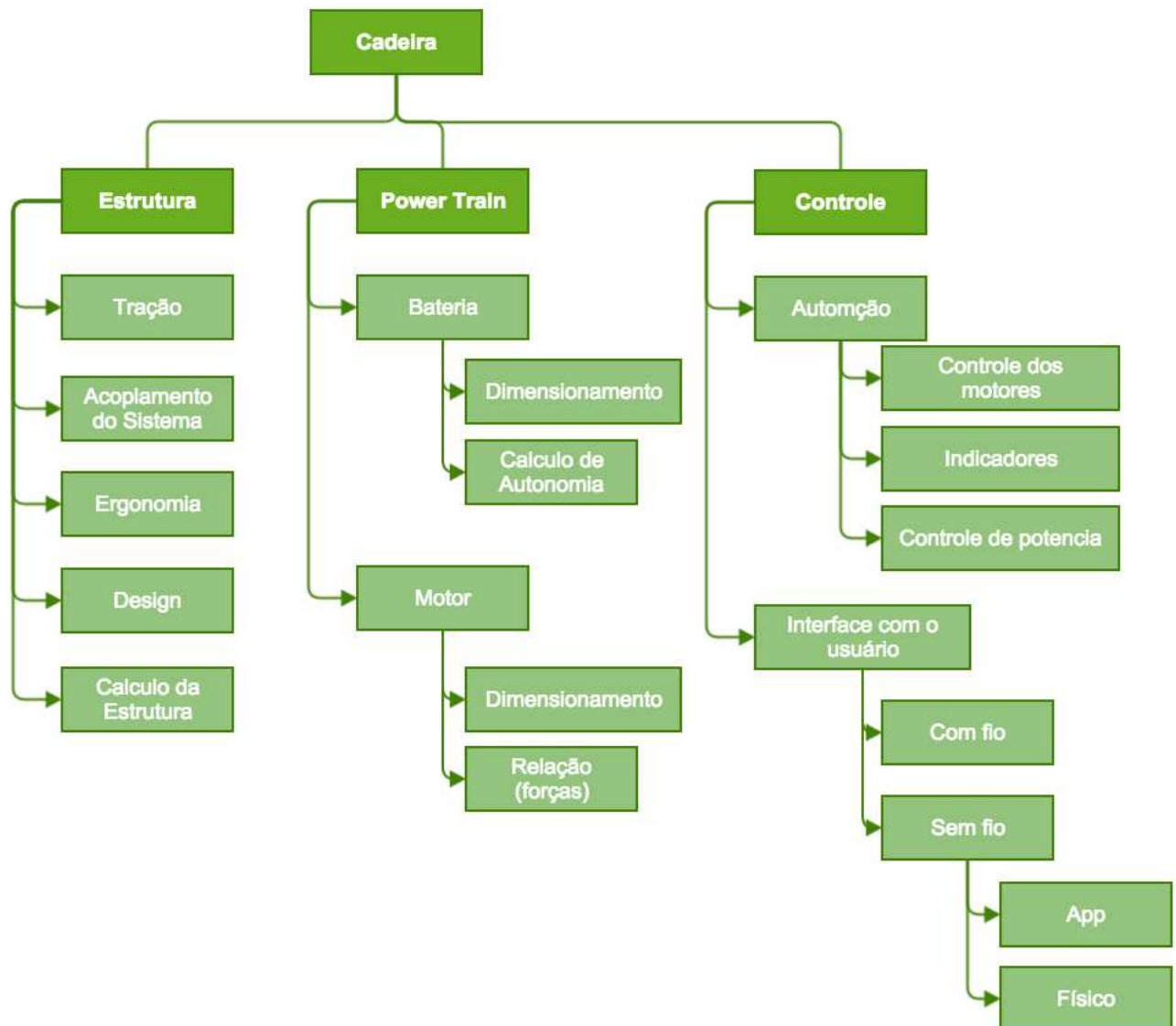


Figura 2: EAP

final da Sprint será realizado uma retrospectiva onde são levantados pontos positivos e pontos a serem melhorados.

A presença dos integrantes do grupo nos horários de aula serão obrigatórios e controlados através de lista de presença de controle interno, pois devido as Sprints de duração de uma semana o Planning e retrospectiva serão realizados nas aula de sexta-feira, e quarta feira será realizado um ponto de controle interno que pode servir tanto para a realização de super-pairings, quanto para tomadas de decisões importantes para o andamento do projeto.

Os prazos e datas nos quais foram baseados as datas de entrega, builds, releases, foram definidos para se adequar ao tempo da disciplina e às datas estipuladas pelo plano de ensino da disciplina.

Para o acompanhamento do projeto serão utilizadas ferramentas que facilitam os métodos citados anteriormente. Para auxiliar na comunicação será utilizada a ferramenta Slack, para o compartilhamento de Artefatos, pesquisas e documentos será utilizada a ferramenta Google Drive, para reuniões à distancia será utilizada a ferramenta Google Hangouts, para o desenvolvimento e versionamento dos softwares provenientes será utilizado o GitHub.

Com isso podemos concluir que nossas fases são divididas em Sprints, e as atividades são definidas no planejamento inicial de cada Sprint, bem como os responsáveis. As entradas são as atividades planejadas e as saídas são os relatórios e o produto incrementado. Os prazos limitadores serão o final de cada Sprint (que podem ser observadas no cronograma montado na figura 11), e o critério de conclusão o aceite interno da equipe juntamente com o feedback dos professores orientadores.

3.5 Integração entre Engenharias

A intenção do grupo, considerando a diversidade de conhecimentos das várias engenharias que estão a contribuir para o trabalho, é compartilhar o máximo de informação com a finalidade de integração entre os componentes, para compartilhar o máximo de informação com a finalidade de integração entre os componentes, alcançando assim um trabalho final mais completo e acabado.

Com isso em mente e munidos de uma metodologia de organização do ciclo de vida do trabalho ágil e dinâmica dividimos as tarefas das Sprints entre pairings formados por integrantes de diferentes engenharias, sempre que possível. A tabela 2, mostra nosso esquemático de divisão de responsáveis nas tarefas dentro das Sprints, esclarecendo a metodologia implementada:

Embora a intenção principal seja integrar os conhecimentos da melhor forma possível, temos a ciência da necessidade de se focar engenharias específicas em determinadas áreas de atuação. Portanto, definimos de uma forma macro as principais áreas de atuação específica de cada engenharia.

Neste primeiro momento, a maior contribuição das Engenharias de Software e Eletrônica será, em conjunto, no controle da cadeia, desde o controle da direção, que pretendesse aplicar tanto por Joystick quanto por aplicativo para celular, quanto no controle dos motores e bateria necessária. A Engenharia de Energia ficará responsável, em primeiro momento, pelo dimensionamento da bateria e montagem do motor, juntamente com a Engenharia Automotiva que trabalhará também na estrutura do produto produzido.

Contudo, todos os membros do projeto, em algum momento, trabalharão em duplas

Tabela 2: Integração das engenharias conforme momento(Sprint) e tarefa

Sprint	Tema	Engenharia
Sprint 0	Bateria/Alimentação	Energia
	Manual do usuário das ferramentas a serem utilizadas pelo grupo	Eletrônica/Software
	Motor	Eletrônica/Energia
	Estrutura	Automotiva
	Comunicação	Eletrônica
	Identidade Visual do Grupo	Energia/Software
	Projetos Similares	Energia/Software
Sprint 1	Estrutura	Automotiva/Energia
	Controle	Eletrônica/Software
	Power Train	Eletrônica/Energia
	Revisão e junção das pesquisas realizadas em um só documento	Eletrônica/Energia/Software

de pesquisa ou implementação em partes fora de sua zona de conforto, visando uma maior integração entre as engenharias e um maior entendimento de todos em cada parte do projeto

4 Resultados

A partir do estudo e pesquisa realizado até o momento determinamos o que utilizar no conjunto do sistema, levantando um perfil que a equipe acredita ser a mais viável em termos de interação, custo-benefício, tempo, conhecimento técnico e outros fatores importantes para o projeto. Será desenvolvido um kit com capacidade de ser acoplado em diversas cadeiras de rodas afim de facilitar a mobilidade elétrica em cadeiras manuais. Os resultados levantados estão disposto no decorrer do capítulo.

4.1 Estrutura

Com a utilização do programa CATIA V5 3D foi estruturado o sistema eletrônico acoplado à cadeira de rodas, 3. Visando três preceitos básicos: comodidade, acessibilidade e conforto.



Figura 3: Vista Isométrica Traseira

O objetivo do projeto é desenvolver uma estrutura de fácil conexão e resistente. O produto proposto, ver figura 4,5, 6 e 7, deve-se acoplar a qualquer cadeira de rodas. Foi pensado em um dispositivo no formato de uma mala para que seja de fácil conexão, uso e manuseio.

A forma como a mala será acoplada a cadeira usa como base as hastes da mala e as hastes verticais aonde as manoplas utilizadas para empurrar manualmente a cadeira são fixadas. Tendo em vista que são rígidas e normatizadas pela NBR 9050 as hastes verticais da cadeira tem a distancia e espessura já definidas, o que facilita o desenvolvimento de um produto que possa ser usado em qualquer cadeira de rodas que esteja dentro dos padrões impostos pela norma.

Cada roda possuirá um motor próprio para que seja possível rotaciona-lás em sentidos opostos, por exemplo, quando for necessário fazer manobras em que a rotação deve ocorre em torno do eixo do próprio cadeirante, movimento muito comum para manobrar uma cadeira de rodas. Assim o cadeirante se sentira confortável e não terá grandes difi-

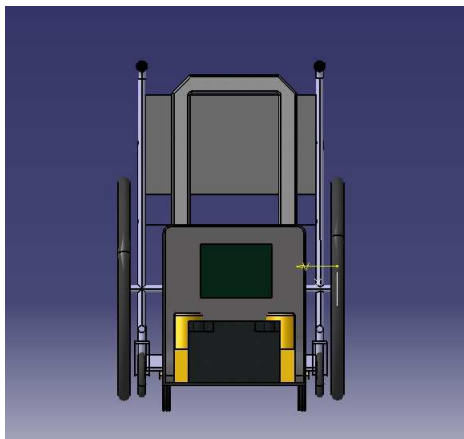


Figura 4: Vista Traseira

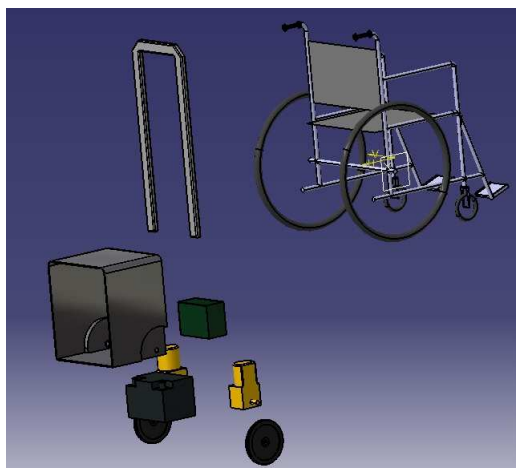


Figura 5: Visão do Sistema

culdades quando for manobrar a cadeira, já que a lógica de controle será a mesma usada quando se propulsiona manualmente a cadeira.

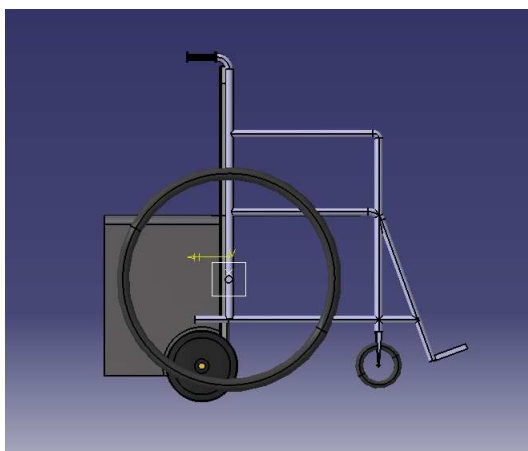


Figura 6: Imagem Lateral

Como pode se notar nas figuras, o sistema de propulsão devera empurrar a cadeira

de rodas, pois assim podemos aproximar o máximo possível o eixo da roda que ira gerar o movimento ao eixo da maior roda da cadeira, o que diminui a quantidade de torque necessário para movimentar o conjunto, fazendo com que o consumo de energia diminua e possibilite o uso de um motor de menor potencia, que diminuirá o custo do produto final.

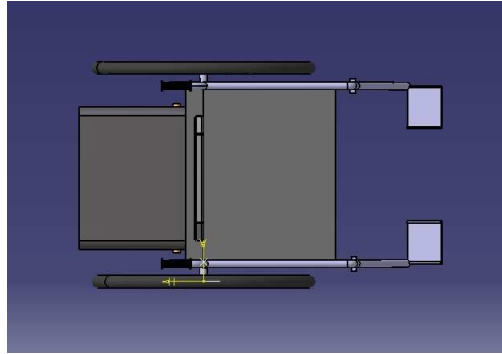


Figura 7: Imagem Superior

4.2 Power Train

4.2.1 Motor

Será utilizado no projeto o motor de corrente contínua. A escolha foi feita pois esse tipo de motor é muito utilizado em projetos que necessitam de velocidades variáveis, eles também apresentam uma região de torque e potência constante e são simples de realizar a aceleração e a desaceleração (HAMANAKA; DIAS, 2002).

Especificações a serem atendidas:

- Velocidade máxima de 7,44km/h;
- Peso máximo de 120 kg;
- Peso da bateria 10 kg;
- Peso da cadeira (valor aproximado) 20kg;
- Peso total estimado: 150 Kg;
- Considerando hipoteticamente o coeficiente de atrito (μ): 0,2.

4.2.2 Baterias

A bateria de chumbo-ácido é muito utilizada hoje em dia em diferentes áreas, como automóveis, sistemas de fornecimento de energia elétrica ininterrupta (no-breaks) e cadeiras de rodas elétricas. Desprezando-se o problema do peso e considerando as observações

feitas anteriormente no capítulo 2 foi a bateria escolhida para o projeto, considerando ainda o seu fácil acesso e baixo custo.

4.2.2.1 Autonomia

Segundo a literatura, cadeiras de rodas elétricas trabalham com motores de corrente contínua entre 250 W a 300 W de potência. Para este projeto se decidiu utilizar motores de 300W. Há diversas maneiras de chegar neste valor, como por distribuição de forças, por balanço de energia, por forças em um plano inclinado, entre outras. Para este projeto fez-se uma estimativa da potência necessária através do balanço de energia.

A energia fornecida pelo motor deve ser igual à energia cinética da cadeira. Sendo a massa máxima que a cadeira de rodas aguenta de 150 kg e considerando que cadeiras de rodas elétricas chegam até 10 km/h, tem-se:

$$Em_x = \frac{m * V^2}{2} * \varepsilon \quad (4.1)$$

Onde Em é a energia fornecida pelo motor, m é a massa de 150 kg e V é a velocidade em m/s. Aqui estimou-se perdas do motor de pelo menos 20%, sendo assim, é igual a 1,20. Assim, a energia necessária para mover a cadeira é de 694.44 J, a potência é portanto 694.44 W.

Ao utilizar dois motores de 300 W, a potência total entregue ao sistema seria de 600 W. Rearranjando a equação para encontrar o valor da velocidade, e atribuindo 80% de eficiência no acoplamento das rodas com o eixo do motor, temos:

$$V_x = 0.8 * \sqrt{\frac{600 * 2}{m * \varepsilon}} \quad (4.2)$$

Assim, a estimativa da velocidade máxima que a cadeira deve obter será de pelo menos 7.44 km/h, que é uma velocidade razoável para este tipo de sistema. Sabe-se que a velocidade angular é dada pela divisão da velocidade linear pelo raio:

$$\omega_x = \frac{V}{r} \quad (4.3)$$

Logo, utilizando a velocidade estimada acima, a velocidade angular obtida é de 20.656 rad/s ou 197.5 rpm. Considerando as especificações do motor, sua velocidade angular nominal de 2800 rpm, teria de ser feita uma redução de pelo menos 1:14, onde a velocidade angular de saída do redutor seria de 200 rpm. Sendo o torque a divisão da potência pela velocidade angular, o torque gerado é de 29.05 Nm.

Para atender dois motores de 300 W, será conectada uma bateria de carro de chumbo selado de 12 V e capacidade de 60Ah, tem-se que a energia E gerada pela bateria é de:

$$E_x = (I * \Delta t) * U = (60Ah) * 12 = 720Wh \quad (4.4)$$

Desta forma, considerando a potência consumida pelos dispositivos eletrônicos de controle desprezível, tem-se que a autonomia da bateria seria de pouco mais de uma hora:

$$\Delta t_x = \frac{720W}{600Wh} = 1.2h = 1hora e 12 minutos \quad (4.5)$$

4.3 Controle

O kit de automação para cadeiras de roda será e um produto projetado para auxiliar na locomoção do cadeirante em um shopping. Na Figura 8 foi feita uma proposta de construção do kit mostrando a sua estrutura de controle. Em verde claro tem-se um componente que talvez seja somente integrado ao sistema. Esses blocos foram resultado dos estudos teóricos e de discursões da equipe. Em verde escuro, sistemas que serão efetivamente projetados e construídos e em azul, componentes que não serão construídos mas farão parte do kit de automação.

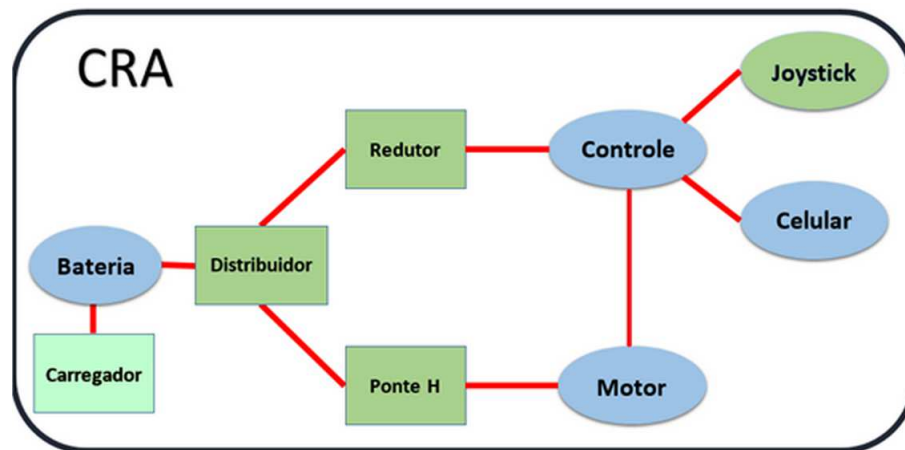


Figura 8: Esquemático de funcionamento geral da cadeira de rodas automatizada

Para o kit de automação da cadeira de rodas, será utilizada a ponte H para o controle dos motores. Um algoritmo de controle PWM usando o Raspberry Pi que deve responder aos comandos do usuário como direção, aceleração, frenagem, entre outros que serão posteriormente levantados. Na figura 9 pode ser observado o esquemático geral do sistema. Tem-se ainda o Distribuidor, uma placa para facilitar a alimentação do sistema, e o Regulador, para alimentar o Controlador e periféricos.

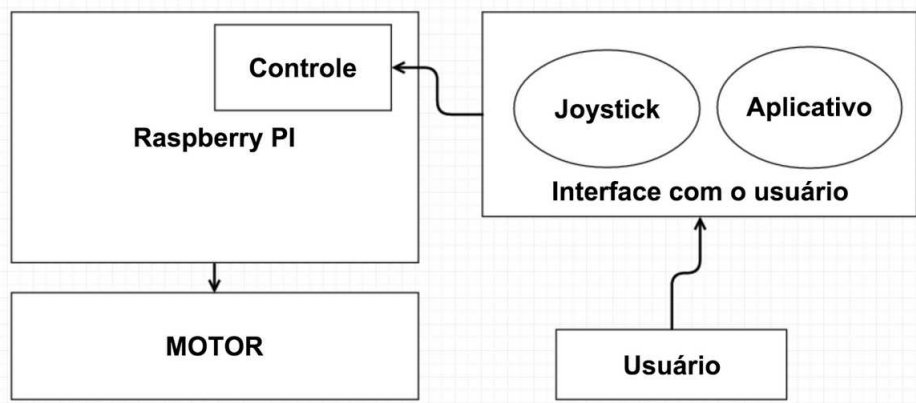


Figura 9: Desenho do diagrama de blocos do sistema de controle

O sistema vai ser projetado de forma que não seja necessário retirar a bateria para essa ser carregada, o grupo ainda não estabeleceu se o carregador vai ser construído ou comprado, considerando que o tempo disponível para o desenvolvimento do projeto é relativamente curto.

O Distribuidor vai ser basicamente uma placa que facilitara a conexão de todas as outras ao sistema, assim não será necessário que haja reduções de tensão tão drásticas. A placa terá um circuito de proteção, para evitar problemas de sobretensão e curto, saídas para a ponte H, tanto para alimentar possíveis circuitos e motor e ainda saídas para o regulador.

O Regulador terá a funcionalidade de alimentar o controlador com seus periféricos. Essa placa terá um circuito de proteção, para o controlador, contra possíveis problemas do distribuidor, saídas de alimentação para o controlador e ainda uma USB de alimentação para o celular do usuário, para impedir problemas de falta de bateria.

A ponte H será o circuito responsável por fazer o controle de velocidade e direção dos motores. Essa placa terá além dos circuitos necessários para o funcionamento da ponte H, um circuito de proteção para os motores e pinos de entrada do PWM, já que pode haver possíveis problemas de sobretensão a alimentação do motor.

4.4 Interface com o usuário

4.4.1 Joystick

Para as cadeiras de rodas automatizadas essa é uma solução comum de controle para as mesmas, tendo em vista que é relativamente simples de ser acoplado uma vez que se entenda seu funcionamento básico. Para o projeto em questão essa foi uma das alternativas encontradas. No qual o joystick seria acoplado ao braço da cadeira, ou em uma posição que o usuário se sinta mais ergonomicamente confortável. Este acoplamento

deve ser simples para favorecer a característica de portabilidade do projeto como um todo.

Caso necessário a conexão do joystick ao sistema de controle pode ser feita por bluetooth, tal característica contribui para o objetivo final do projeto (DICIANNO; COOPER et al., 2010).

4.4.1.1 Smartphone

O *smartphone* é um telefone celular com um sistema operacional móvel avançado que combina as características de um sistema operacional de computador pessoal com outros recursos úteis para uso móvel ou portátil (NUSCA, 2009).

Devido a portabilidade destes dispositivos e sua facilidade de integração com outros sistemas, uma possível solução para a interação do usuário com o sistema pode ser feita. Uma conexão entre o dispositivo e o sistema será feita através de Bluetooth (Android) ou "Virtual Private Network"(iOS e Android). Para o projeto em questão o usuário pode optar por utilizar o *Smartphone* ou ainda o joystick.

4.4.1.2 Protótipo

O protótipo na figura 10 foi feito com o intuito de mostrar o fluxo do aplicativo sugerido para o controle da cadeira de rodas automatizada.

A principal funcionalidade deste aplicação é basicamente voltada para o controle da cadeira de rodas automatizada, no qual o usuário teria um *joystick* virtual que se comunica com o *Raspeberry Pi* enviando o comando para os motores. Uma das restrições pensadas, foi a de enquanto o controle estiver ativado via aplicativo o usuário não poderia ter o controle através do *joystick* físico.

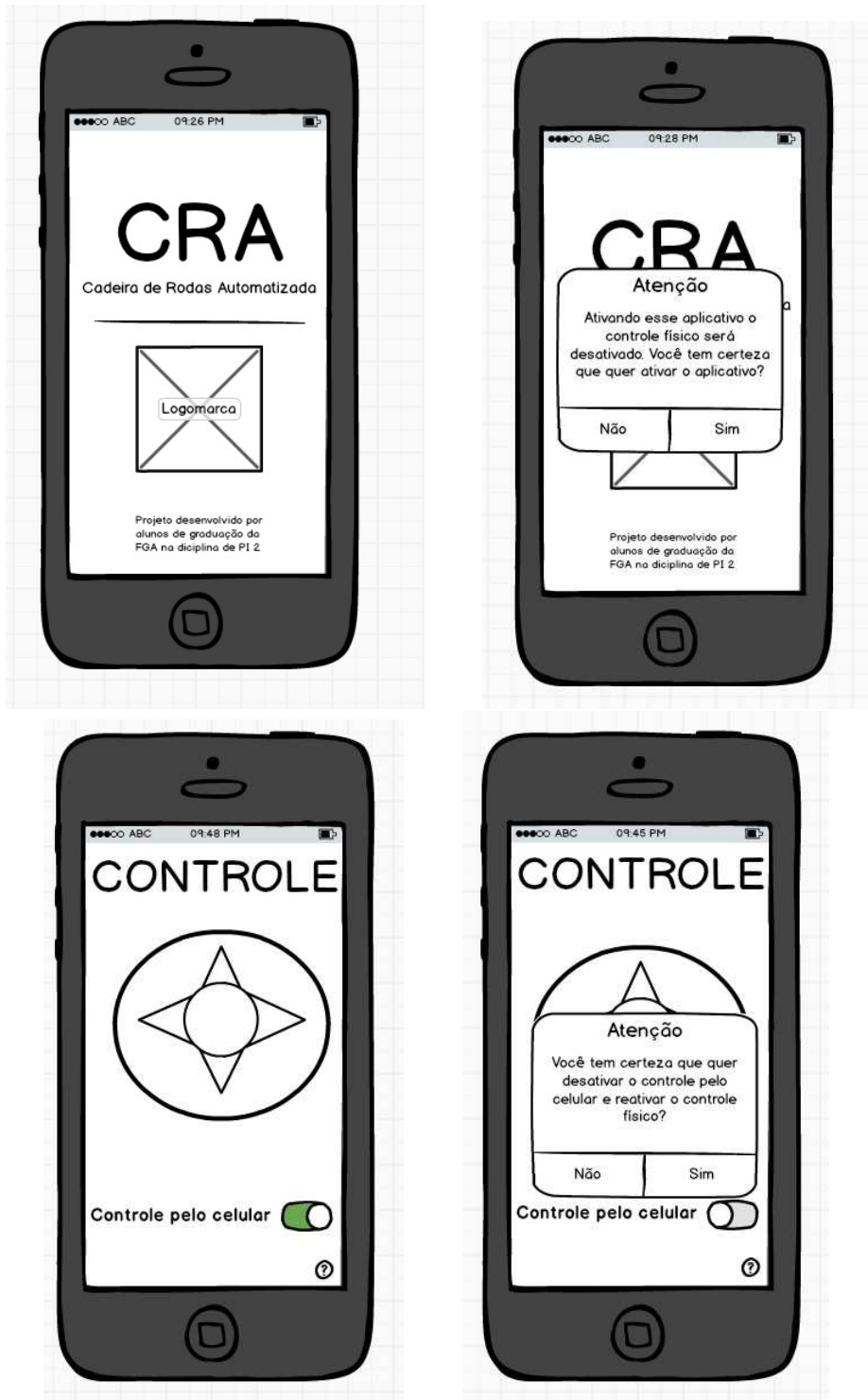


Figura 10: Protótipo de aplicativo para interface entre usuário e motor

5 Perspectiva

5.1 Incremento atual

5.1.1 Estrutura

1. Modelagem da cadeira motorizada adaptada: Foi feito a modelagem da cadeira de rodas levando em conta a solução de portabilidade e acessibilidade da mesma, pontuando pontos como o design de inovação do anexo autômato a cadeira.
2. Escolha do material a ser usado em anexo: Um estudo dos possíveis materiais será realizado, alavancando os motivos e vantagens do uso dos mesmos para suporte das cargas.
3. Ergonomia do produto: Estudo e modelagem do melhor design da cadeira de rodas manual com o anexo que a motoriza.

5.1.2 Power Train

1. Escolha do motor elétrico quanto ao custo do mesmo no projeto, embasado em estudo feito em relação a peso, velocidade máxima, velocidade nominal.
2. Especificação do motor elétrico de Corrente Contínua quanto a potência mínima.
3. Estudo e especificação sobre baterias a serem utilizadas, quanto tensão, capacidade e dimensão. Foi escolhido usar as baterias de Chumbo-Ácida selada, levando em conta vantagens e limitações. Os cálculos de autonomia foram feitos para melhor estimar o método de carregamento da bateria.

5.1.3 Controle

1. Especificação de tecnologia: Estudo e escolha da melhor tecnologia voltada para o problema, que no caso será feito com um Raspberry Pi para comunicação entre a interface do usuário e o motor.
2. Controle de potência: Estudo de qual tipo de controlador de potência a ser usado no motor, para controle de sua corrente. A escolha da utilização da ponte H será combinado com o algoritmo de PWM, que utiliza o Raspberry Pi como forma de resposta aos comandos dos usuários como a direção, aceleração, frenagem da cadeira motorizada adaptada.

3. Escolha da linguagem de programação: Definição de qual linguagem será utilizada com base na problemática existente e nos recursos a serem utilizados. A linguagem escolhida foi o Python, pois existem bibliotecas específicas que controlam GPIO do Raspberry Pi.

5.1.4 Interface com Usuário

1. Estudo de tecnologias para interfaces: Estudo de quais tecnologias são usadas como interface de usuário para controle da cadeira motorizada adaptada. Neste estudo são observados dispositivos de controle como Joystick e aplicativos que podem utilizar tecnologia Bluetooth ou VPN para comunicar com o Raspberry Pi.
2. Escolha da linguagem de programação do aplicativo: Definição de qual linguagem será utilizada com base na problemática existente e nos recursos a serem utilizados. A linguagem escolhida para o desenvolvimento do aplicativo será definida conforme o resultado de estudo de utilização de Bluetooth e VPN. Caso a escolha seja para dispositivos Android, então pode ser escolhida a linguagem nativa Java, caso a escolha seja para dispositivos iOS, então pode ser escolhida a linguagem nativa Objective-C ou Swift.

5.2 Próximos passos

5.2.1 Estrutura

1. Fazer análise computacional das tensões equivalentes atuantes na estrutura, mediante critérios de falha de von Mises. Será utilizado o software ANSYS.
2. Escolha de material mediante norma ABNT 6061 - T6.

5.2.2 Power Train

1. Escolha do motor de CC a ser utilizado no projeto, levando em conta o custo, preço e adequação do mesmo no projeto. Motores escolhidos:
 - a) Zm 8070501 (12V 0,8 kW)
 - b) Zm 8070502 (12V 0,8 kW)
 - c) Zm 8010603 (12V 0,8 kW)
 - d) Zm 8010604 (12V 0,8 kW)
 - e) Zm 8010605 (12V 0,8 kW)
 - f) Zm 8010606 (12V 0,8 kW)

- g) Zm 8010607 (12V 0,8 kW)
 - h) Zm 8010608 (12V 0,8 kW)
2. Escolha e dimensionamento da bateria de maneira mais específica – tensão e capacidade adequadas assim como a quantidade necessária para o projeto e estimativa de preço.
 3. Cálculos mais aprofundados sobre autonomia, potência, eficiência, cálculo de forças e velocidades serão apresentados.

5.2.3 Interface com Usuário

1. Prova de conceito para comunicação VPN e Bluetooth para iOS;
2. Prova de conceito para comunicação VPN e Bluetooth para Android;
3. Prova de conceito para comunicação de Joystick (cabo e Bluetooth);

5.2.4 Controle

1. Definição de interface entre os componentes de controle;
2. Versão inicial do controle com smartphone;
3. Versão inicial do controle com joystick.

5.3 Cronograma

Para prosseguir com os próximos passos um cronograma com as estimativas de cada Sprint foi levantado.
























		Nome	Duração	Índice	Fim
1	  	Sprint 0	4d?	28/08/2015	02/09/2015
2		Sprint 1	6d?	04/09/2015	11/09/2015
3		Entrega do Primeiro Relatório	1d?	11/09/2015	11/09/2015
4		Sprint 2 (Pro)	6d?	11/09/2015	18/09/2015
5		Primeiro Ponto de controle	1d?	18/09/2015	18/09/2015
6		Sprint 3 (Produção)	6d?	18/09/2015	25/09/2015
7		Sprint 4 (Produção)	6d?	25/09/2015	02/10/2015
8		Sprint 5 (Produção)	6d?	02/10/2015	09/10/2015
9		Sprint 6 (Produção)	6d?	09/10/2015	16/10/2015
10		Sprint 7 (Produção)	6d?	16/10/2015	23/10/2015
11		Entrega do Segundo Relatório	1d?	23/10/2015	23/10/2015
12		Sprint 8 (Preparação para apresentação)	6d?	23/10/2015	30/10/2015
13		Segundo Ponto de Controle	1d?	30/10/2015	30/10/2015
14		Sprint 9 (Produção)	6d?	30/10/2015	06/11/2015
15		Sprint 10 (Produção)	6d?	06/11/2015	13/11/2015
16		Sprint 11 (Produção)	6d?	13/11/2015	20/11/2015
17		Sprint 12 (Produção)	6d?	20/11/2015	27/11/2015
18		Entrega do Relatório Final	1d?	27/11/2015	27/11/2015
19		Sprint 13 (Preparação para apresentação final)	6d?	27/11/2015	04/12/2015
20		Ponto de Controle Final	1d?	04/12/2015	04/12/2015

Figura 11: Cronograma

Referências

- ABNT, A. B. D. N. T. *NBR 9050: Acessibilidade e edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos*. [S.l.], 2004. 47 p. Citado na página 21.
- BARCELOS, A. et al. Sistema de controle e motorização de cadeira de rodas. *Associação Educacional Dom Bosco*, 2008. Citado na página 16.
- CONITEC, C. N. de Incorporação de Tecnologias no S. *Relatório número 50 PROCEDIMENTO CADEIRA DE RODAS MOTORIZADA NA TABELA DE ÓRTESES, PRÓTESES E MATERIAIS ESPECIAIS NÃO RELACIONADOS AO ATO CIRÚRGICO DO SUS*. 8 de maio de 2013. Acessado em 7 de Setembro de 2015. Disponível em: <<http://conitec.gov.br/images/Incorporados/CadeiradeRodasMotorizada-final.pdf>>. Citado na página 13.
- DICIANNO, B. E.; COOPER, R. A.; OTHERS. Joystick control for powered mobility: Current state of technology and future directions. *National Library of Medicine*, 2010. Citado na página 31.
- Herbert A Everest e Harry C Jennings. *Folding wheel chair*. 1937. 2095411. Citado 2 vezes nas páginas 11 e 16.
- FILHO, W. de B. V. et al. Desenvolvimento de kit para automação de cadeira de rodas convencional. *VI CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA*, 2010. Citado na página 11.
- HAMANAKA, M. H. M. O. Projeto e desenvolvimento de circuito de controle para cadeira de rodas. *Dissertação de Mestrado, UNICAMP*, 2002. Citado na página 11.
- HAMANAKA, M. H. M. O.; DIAS, J. A. S. *Projeto e Desenvolvimento de circuito de controle para cadeira de rodas*. [S.l.], 2002. Disponível em: <<https://www.robocore.net/upload/ManualTecnicoBateriaUnipower.pdf>>. Citado 2 vezes nas páginas 13 e 27.
- HOME.ASPX disponível em: <http://www.bluetooth.com/Pages/Bluetooth.2015> *Bluetooth SIG, Inc.* 2015. Citado na página 18.
- [HTTP://WWW.INMETRO.GOV.BR/](http://WWW.INMETRO.GOV.BR/) disponível em: *INMETRO, Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia*. 2015. Citado na página 11.
- LOCKTON, D. Wheelchair drive. 2004. Disponível em: <http://www.danlockton.co.uk/transport/mobility/Brunel_Wheelchair_Drive_public.pdf>. Citado na página 11.
- MCGUIRE, M.; JENKINS, O. C. *Creating Games: Mechanics, Content, and Technology*. [S.l.]: A K Peters, Ltd., 2009. Citado na página 17.
- MEGGIOLARO, M. A.; GIRSAS, I. T. *PROJETO E CONTROLE DE UMA CADEIRA DE RODAS AUTOMATIZADA INTELIGENTE COM SENSORES DE ULTRASSOM*. 2011. Citado na página 13.
- NUSCA, A. Smartphone vs. feature phone arms race heats up; which did you buy? *ZDNet*, 2009. Citado na página 31.

RASPEBERRY Pi Foundation. 2015. Acessado em 11 de Setembro de 2015. Disponível em: <<https://www.raspberrypi.org>>. Citado na página 17.

(SDH/PR), S. N. d. P. d. D. d. P. c. D. S. e. C. G. d. S. d. I. s. a. P. c. D. Secretaria de Direitos Humanos da Presidência da R. *Cartilha do Censo 2010 - Pessoas com Deficiência*. 2012. Disponível em: <<http://www.pessoacomdeficiencia.gov.br/app/sites/default/files/publicacoes/cartilha-censo-2010-pessoas-com-deficiencia-reduzido.pdf>>. Citado na página 11.