

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS – CCT**  
**BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

**AUREO GUILHERME DOBRIKOPF**

**PROJETO E IMPLEMENTAÇÃO DE UMA PLATAFORMA ROBÓTICA MÓVEL**  
**AUTÔNOMA PARA FINS DE EXPLORAÇÃO**

**JOINVILLE, SC**

**2016**

**AUREO GUILHERME DOBRIKOPF**

**PROJETO E IMPLEMENTAÇÃO DE UMA PLATAFORMA ROBÓTICA MÓVEL  
AUTÔNOMA PARA FINS DE EXPLORAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Departamento de  
Engenharia Elétrica do Centro de Ciências  
Tecnológicas, da Universidade do Estado  
de Santa Catarina, como requisito parcial  
para obtenção do grau de Bacharel em  
Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Douglas Wildgrube  
Bertol.

**JOINVILLE, SC**

**2016**

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Plataforma educacional <i>Gear SMP Mobile Plataform.</i> .....	9
Figura 2: Motor 37D 30:1 da Pololu.....	11
Figura 3: Driver MDD10A REV2.0.....	12
Figura 4: Raspberry Pi 3.....	12

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1: Novo cronograma proposto. ....	8
--	---

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	6
2	METODOLOGIA.....	7
3	DISCUSSÃO.....	9
4	CONCLUSÃO.....	13

## **1 INTRODUÇÃO**

Este relatório tem como principal objetivo demonstrar a metodologia empregada na construção de um robô para fins de exploração autônomo. São demonstrados alguns avanços obtidos durante a primeira etapa do Trabalho de Conclusão de Curso, bem como a demonstração de alguns resultados obtidos.

## 2 METODOLOGIA

Este trabalho de conclusão de curso, do ponto de vista de sua natureza, será uma pesquisa aplicada. Quanto a sua abordagem, a mesma será de natureza quantitativa. Em relação aos objetivos, será utilizada a abordagem exploratória, na qual foi realizado através da revisão bibliográfica.

Como sugerido na proposta inicial deste trabalho, primeiramente seria realizado a revisão bibliográfica envolvendo livros e artigos sobre o assunto afim de obter o estado da arte sobre os temas envolvendo a robótica móvel. Por meio desta revisão foi possível estabelecer algumas características necessárias para o projeto do robô.

Realizado o levantamento de todas os parâmetros necessários, ocorreu o projeto mecânico. Nesta etapa foi estabelecido o *layout* do robô, a delimitação do peso, além do dimensionamento do motor para garantir o torque e a velocidade necessária para a funcionalidade do robô nas condições inicialmente delimitadas. Em paralelo ocorreu o levantamento dos sensores essenciais a serem embarcados para o funcionamento adequando. Também foi dimensionado e escolhido o driver necessário para o acionamento dos motores e estabelecido os microcontroladores a serem embarcados no robô. No próximo capítulo, está detalhado melhor como ocorreram estes procedimentos.

Devido a atrasos na aquisição dos sensores e microcontroladores, o desenvolvimento do *firmaware* do robô ficou comprometido. Em compensação, iniciou-se o estudo da cinemática do robô. A partir das características mecânicas do chassi do robô, foi possível obter o modelo cinemático do mesmo. Para esta análise, foi desenvolvido um script no Matlab e no Simulink.

Como proposto no encerramento da disciplina TCC-I, é necessário propor um cronograma atualizado das atividades, sendo o mesmo exposto abaixo:

- 1) Execução
- 2) Teste de integração e interface;
- 3) Monografia;
- 4) Defesa.

Tabela 1:Novo cronograma proposto.

Etapas	Semestre TCC-II														
	Mês 1			Mes 2			Mes 3			Mês 4			Mês 5		
1															
2															
3															
4															

Fonte: Próprio autor.



### 3 DISCUSSÃO

Como mencionado no capítulo anterior, foi delimitado certos requisitos mínimos necessários para o robô, sendo estes:

- Capaz de mover-se me ambientes irregulares;
- Velocidade máxima de 2,5 m/s;
- Peso máximo de 2,5 kg;
- Inclinação máxima de 45 °;
- Aceleração de 0,5m/s<sup>2</sup>.

O Projeto mecânico do robô foi inspirado no *Gears SMP Mobile Platform*, da *Gears Education Systems*.

Figura 1: Plataforma educacional *Gear SMP Mobile Plataform*.



Fonte: [http://www.gearseds.com/surface\\_mobility\\_platform.html](http://www.gearseds.com/surface_mobility_platform.html).

Algumas modificações foram realizadas ao longo do projeto com o intuito de facilitar a construção mecânica do mesmo. Pretende-se utilizar barras e chapas de alumínio para a montagem do robô, além de algumas partes em polímeros.

Já em relação ao dimensionamento dos motores, foi utilizado duas técnicas para este objetivo. A primeira foi baseada no trabalho de Bertol (2009), onde a partir da equação 3.1, é possível estabelecer o torque de partida mínimo capaz de tirar o robô da inercia.

$$\tau = m \cdot g \cdot f \cdot \frac{d_1}{2} \quad (3.1)$$

Na equação anterior 'm' representa a massa do robô, 'g' é a gravidade, com um valor de 9,8m/s<sup>2</sup>, 'f' o coeficiente de atrito do mancal do motor (aço-latão = 0,35) e d<sub>1</sub> o diâmetro da roda (0,1m). Com estes valores foi obtido um torque  $\tau = 0,43 \text{ N.m}$ , porém este vai ser igualmente distribuído entre o número de rodas motoras. Apesar do robô possuir quatro rodas,

foi considerado apenas três para obter o torque mínimo de cada motor, desta forma sobre dimensionando o motor escolhido. Devido a esta escolha, o motor deverá ter um torque mínimo de 0,143 N.m.

O segundo método utilizado foi demonstrado por Gönüllü (2013). Para o cálculo da potência mínima requerida pelos motores será necessário estimar as forças totais ao qual o sistema poderá ser submetido, e a velocidade desejada. Com base nos parâmetros estabelecidos previamente, então é possível estimar a potência mínima do motor através do seguinte procedimento:

$$F_T = F_i + F_r + F_A + M_r \cdot a_{m\acute{a}x}; \quad (3.2)$$

Em que:

$F_T$ : Força total estimada;

$F_i$ : Força de resistência no plano inclinado;

$F_r$ : Força de resistência do rolamento;

$F_A$ : Força de resistência do ar;

$M_r$ : Massa total do robô;

$a_{m\acute{a}x}$ : Aceleração máxima do robô.

Como a influência da resistência do ar é pequena, a mesma pode ser desprezada. As demais componentes podem ser obtidas da seguinte forma:

$$F_i = M_r \cdot \sin \alpha \cdot g; \quad (3.3)$$

$$F_r = M_r \cdot \cos \alpha \cdot g \cdot f_r. \quad (3.4)$$

Em que:

$\alpha$ : Máximo ângulo de inclinação (45°);

$f_r$ : Coeficiente de resistência ao rolamento.

Para o valor do coeficiente de resistência ao rolamento foi escolhido o caso do solo ser de areia ( $f_r = 0,3$ ). De posse destes valores foi obtida a força total:

$$F_T = 14,6 \text{ N}. \quad (3.5)$$

Para obter a potência máxima requerida ainda é necessário multiplicar pela velocidade desejada:

$$P_{m\acute{a}x} = F_T \cdot V = 36,5 \text{ W}. \quad (3.6)$$

Da mesma forma que foi realizado para o primeiro caso, o valor obtido será dividido por três para encontrar a potência necessária de cada motor. Desta forma  $P_{m\acute{a}x} = 12,16 \text{ W}$ .

Considerando os dois critérios, foi escolhido o motor Pololu 37D 30:1. O mesmo já contém um encoder de quadratura com 64 CPR. As características do motor podem ser observadas abaixo, onde se vê que atendem os requisitos mínimos:

- Tensão nominal: 12V;
- Corrente nominal: 300mA;
- Corrente máxima: 5 A;
- Torque nominal: 0,776 Nm;
- Velocidade de rotação: 350 RPM;
- Potência: 28,5 W.

Figura 2: Motor 37D 30:1 da Pololu.



Fonte: Próprio autor.

Para o acionamento dos motores, inicialmente, desejava-se desenvolver o driver, porém foi optado pela compra de um já pronto. Depois de realizado uma busca por um dispositivo de alto custo benefício, foi optado pela aquisição do MDD10A- VER 2.0 da Cytron Technologies. Este driver é capaz de controlar dois motores de forma independente, e apresenta as seguintes características:

- Tensão e alimentação: 5~25V;
- Corrente por canal: 10 A;
- Corrente de pico por canal: 30 A por 10 segundos;
- Frequência máxima do PWM: 20 KHz.

Figura 3: Driver MDD10A REV2.0.



Fonte: Próprio autor.

No que diz respeito aos microcontroladores, foi escolhido usar dois. O primeiro, responsável pelo controle de baixo nível, será um AT91SAM3X8E, com velocidade de clock de 82Mhz, e 96kb de memória SRAM. Este microcontrolador é embarcado em plataforma de desenvolvimento conhecida como Arduino DUE, e será responsável pelo controle dos quatro motores, além da aquisição do sinal de alguns sensores.

O segundo será um Raspberry Pi 3, modelo B. Esta placa de desenvolvimento, é um computador que utiliza um ARM Cortex-A53 de 1.2 GHz, 64 bits quad-core. Este último será responsável por tratamentos de dados com requisitos de tempo real mais relaxados.

Figura 4: Raspberry Pi 3.



Fonte: Próprio autor.

## 4 CONCLUSÃO

Nesta primeira fase do TCC, foi possível ter um panorama geral do problema e do andamento das atividades. Permitiu realizar a definição do *hardware* e dos requisitos básicos para operação e controle. Acredita-se que o protótipo esteja completamente pronto até a metade do mês de Janeiro, desta forma, possibilitando que se possa iniciar o estudo e implementação do planejamento de tarefa e navegação.

## REFERÊNCIAS

ARDUINO. Arduino DUE. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardDue>>. Acesso em: 26 nov. 2016.

BERTOL, Douglas Wildgrube. **CONTRIBUIÇÕES AO DESENVOLVIMENTO E CONSTRUÇÃO DE UM ROBÔ MÓVEL COM RODAS**. 2009. 248 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2019.

GÖNÜLLÜ, Muhammet Kasim. DEVELOPMENT OF A MOBILE ROBOT PLATFORM TO BE USED IN MOBILE ROBOT RESEARCH. 2013. 143 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Mecânica, Middle East Technical University, Ancara, 2013.

POLOLU. 30:1 Metal Gearmotor 37Dx68L mm with 64 CPR Encoder. Disponível em: <<https://www.pololu.com/product/2823>>. Acesso em: 26 nov. 2016.

SYSTEM, Gears Education. The Surface Mobility Platform. Disponível em: <[http://www.gearseds.com/surface\\_mobility\\_platform.html](http://www.gearseds.com/surface_mobility_platform.html)>. Acesso em: 26 nov. 2016.

TECHNOLOGIES, Cytron. MDD10A: Dual Channel 10A DC Motor Driver. Disponível em: <<http://www.robotshop.com/media/files/pdf/user-manual-mdd10a.pdf>>. Acesso em: 26 nov. 2016.