

CAPÍTULO 06

CONSTRUÇÃO DE UM ROBÔ MÓVEL PARA ENSINO DAS DISCIPLINAS DOS CURSOS DE ENGENHARIA

Thiago Rodrigues Garcia

thiago.rgarcia@hotmail.com

Universidade Federal de Santa Maria

Av. Roraima nº 1000, bairro Camobi, 97105-900 - Santa Maria – RS

Ricardo Lago Valente

lagovalente@hotmail.com

Ricardo Dias Schirmer

ricardo.schirmer@gmail.com

Junior Costa de Jesus

dranaju@gmail.com

Bruno Schuster

bruno_schuster@hotmail.com

Marlon Berber Severo

marlonbsevero@gmail.com

David Roy Richards

royrichards@uol.com.br

Carlos C. Conrad

caceconrad@gmail.com

Rodrigo da Silva Guerra

rodrigo.guerra@ufsm.br

Rodrigo Mattos da Silva

rodrigo-mattos@hotmail.com.br

Daniel Fernando Tello Gamarra

daniel.gamarra@ufsm.br

RESUMO: Neste artigo é descrita a construção de um robô móvel de baixo custo que visa servir de suporte para o ensino em engenharia principalmente, nos cursos de engenharia de controle e automação, computação e elétrica. O robô móvel é composto por motores de corrente contínua, encoders, drivers, microcontrolador (Arduino), sensores ultrassônicos e de movimento (kinect), câmera além de outros materiais que suportam toda a estrutura tais como MDF, hastes de alumínio e acrílico sendo que estes, apesar de ter valor relativamente alto, foram adquiridos através de sobras e sucatas doadas pelo Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento em Engenharia Elétrica (NUPEDEE), setor em que foi fabricado o robô e, também, onde está situado o grupo de pesquisa em robótica. Este artigo descreve alguns resultados de trabalhos já

desenvolvidos utilizando o robô móvel e, também, os resultados da aplicação de um pequeno questionário nos alunos que utilizaram o robô.

PALAVRAS-CHAVE: Robótica Móvel; Robótica No Ensino; Arduino.

1. INTRODUÇÃO

A robótica é uma ciência que se dedica a desenvolver dispositivos capazes de realizar tarefas automaticamente empregando conceitos e conhecimentos de várias áreas como mecânica, elétrica, eletrônica e computação. Trabalhar em Robótica significa estudar, projetar e implementar sistemas ou dispositivos que, com a utilização de percepção e de certo grau de “inteligência”, sejam úteis na realização de uma determinada tarefa, pré-definida ou não, que envolva interação física entre o sistema (ou dispositivo) e o meio onde a tarefa está sendo realizada (PIO *et al.*, 2006).

Dentro desta ciência, encontra-se a robótica móvel. “Uma definição correta de robô móvel propõe um conhecimento incerto, mediante a interpretação da informação fornecida através de seus sensores e do estado atual do veículo” (SECCHI, H. 2008). No campo da robótica móvel há muitos conhecimentos que são o foco de muitos projetos de pesquisa como, por exemplo, técnicas de controle de navegação, localização e mapeamento. As aplicações são muito amplas tais como: robôs bípedes, aéreos, aquáticos e veiculares (ROMERO *et al.*).

No contexto de ensino, a construção de um robô móvel como plataforma de desenvolvimento e estudo se torna muito útil tendo em vista que para a aplicação dos conhecimentos e conceitos citados anteriormente, pois, somente simulações não tem impacto motivacional no aluno. O caráter multidisciplinar do uso da robótica na educação, a sua utilização no ambiente de ensino pode promover uma expressiva integração entre diferentes disciplinas e melhorar a formação dos alunos através de atividades práticas em equipe (SILVA, 2011).

A robótica móvel proporciona facilidade na exploração de conceitos matemáticos, ambientes de software, dispositivos eletrônicos, sensores, motores elétricos, conversão de sinais analógico-digitais e digitais-analógicos, projeto de hardware, microprocessadores, inteligência artificial, projeto em equipe, entre outras,

tornando-a um catalisador eficiente e motivador para a aquisição de novos conhecimentos (COELHO & VALLIM, 2001).

Diante deste cenário, o trabalho focou em dois objetivos principais, sendo o primeiro o desenvolvimento e construção de um robô móvel equipado com componentes mecânicos, elétricos e software. O segundo objetivo, estava centrado na utilização do robô como um recurso didático importante para o ensino de algumas disciplinas dos cursos das engenharias, este objetivo é descrito no artigo mediante a implementação da odometria do robô feita pelos acadêmicos. O artigo apresentado esta dividido em 5 seções, sendo a primeira uma breve introdução, a segunda seção explica a metodologia de construção do robô, a terceira seção apresenta a aplicação do robô em tarefas de ensino e pesquisa, a quarta seção descreve os resultados preliminares obtidos, e finalmente a ultima seção elucida as considerações finais.

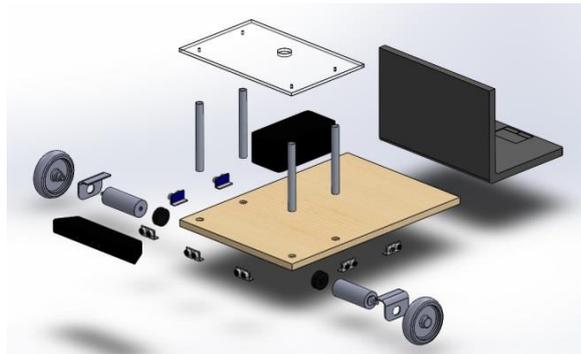
2. METODOLOGIA DE CONSTRUÇÃO DO ROBÔ

Esta seção descreve de uma maneira detalhada a metodologia seguida para a construção do robô móvel, o robô foi construído pelo grupo de pesquisa de robótica da universidade chamado de GARRA (Grupo de Automação e Robótica Aplicada). A metodologia seguida para a construção do robô envolveu três componentes principais, sendo a primeira o projeto mecânico, a segunda parte o projeto elétrico, a terceira parte a programação do software.

Projeto Mecânico do Robô e Construção

O robô foi projetado mecanicamente para oferecer suporte a diversos tipos de sensores e componentes no estudo da robótica móvel. A base é de madeira MDF com 18 mm de espessura projetada para suportar o peso dos sensores e arquiteturas de sistemas que envolvam notebook como mostra a “Figura 1”.

Figura 1 - Projeto Simplificado do Robô

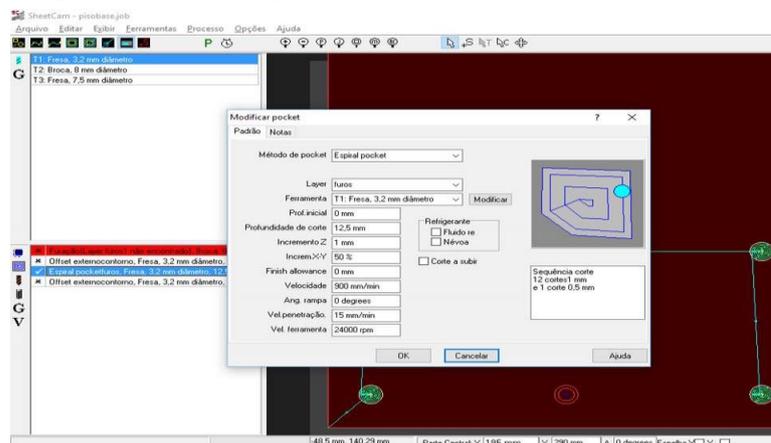


Fonte: O Autor.

Conforme a “Figura 1”, há ainda um pavimento superior de acrílico suportado por 4 hastes cilíndricas de alumínio no qual serve para anexar outros sensores como kinect, sensor laser e câmera. Este segundo pavimento é removível para facilitar a manutenção e conexões entre os componentes.

A fabricação dos furos e rebaixos da base e os componentes que suportam os motores foram realizados em uma fresadora CNC para ter maior precisão e produtividade. A fresadora utiliza o sistema CAD/CAM para executar os programas CNC. Um programa CNC é uma lista de instruções codificadas que descrevem como a peça será usinada, sendo que cada linha do programa é chamada de bloco, e esses blocos são executados sequencialmente (GONÇALVES, 2007). O sistema CAD/CAM permite interpretar a geometria de uma peça criada em software CAD e gerar programas CNC. O software CAM utilizado é SheetCAM. A “Figura 2” e ilustram o ambiente do software SheetCAM e a configuração para a realização do processo de rebaixos na base do robô, respectivamente.

Figura 2 - Configurações no ambiente do software SheetCAM



Fonte: O Autor.

2.2 Projeto elétrico e eletrônico

O robô é constituído de equipamentos elétricos e eletrônicos suficientes para realização de tarefas que envolvam programação e conceitos de robótica móvel, porém, ele foi projetado para suportar outros tipos de sensores como, por exemplo, sensor laser, kinect e giroscópio. Os quais o grupo de robótica já possui e se encontram em fase de estudo.

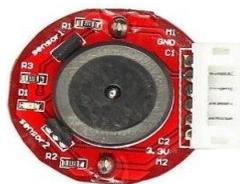
O robô possui 2 motores de corrente contínua, capazes de suportar toda a estrutura e executar trajetórias pré-programadas. Os dois motores CC têm acoplados seus respectivos encoders do tipo incremental para leituras de distância e posição. Possuem resolução de 341.2 PPR, ou seja, para cada revolução em seu eixo, ele gera 341,2 pulsos elétricos. A “Figura 3” mostra o motor com encoder e a “Figura 4” somente o encoder.

Figura 3 - Motor CC com encoder



Fonte: O Autor.

Figura 4 – Encoder



Fonte: O Autor.

Para drenar a corrente para os motores e também protegê-los contra curto-circuito é utilizado o driver MD49, conforme mostra a “Figura 5”. O driver também serve para ler os dados dos encoders, fornecendo pulsos para determinar a sua velocidade de rotação e sentido de giro. O driver MD49 realiza o controle dos motores de corrente contínua utilizados pelo robô para seu deslocamento.

Figura 5 - Driver MD49



Fonte: O Autor.

Um dos sensores muito utilizado em robótica móvel é o sensor ultrassônico (Figura 7) devido a sua praticidade e facilidade de programação. Muito útil para ler informações do ambiente, evitar colisões e desviar de obstáculos. Os sensores de ultrassom foram montados no robô e serão utilizados para aulas de ensino nas quais o robô terá que executar tarefas de evitar obstáculos.

Figura 6 - Sensor Ultrassônico



Fonte: O Autor.

O elemento responsável por abrigar toda a programação, ler os dados dos sensores e controlar os demais dispositivos do robô é o microcontrolador Arduino Mega 2560 (“Figura 7”). Este foi escolhido para suprir os trabalhos iniciais do robô devido aos seus 54 pinos de entrada e saída e, também seu clock de 16 MHz. O microcontrolador Arduino será encarregado de executar as tarefas de baixo nível como o controle dos drivers dos motores de corrente contínua, as leituras dos encoders do driver MD49 ao microcontrolador, e a leitura dos sensores de ultrassom, entre outras tarefas de baixo nível.

Figura 7 - Arduino Mega 2560



Fonte: O Autor.

Figura 8 - Parte inferior com motores e encoders montados



Fonte: O Autor.

Programação do software

A programação é via o ambiente de programação IDE (*Integrated Development Environment*) característica do microcontrolador Arduino. A interface baseada de C++ e se caracteriza por ser muito intuitiva. Para programá-la é necessário interconectar o Arduino com o desktop ou notebook via porta USB. O programa desenvolvido no robô permite ligar e desligar os motores, programar as velocidades de rotação dos motores, fazer as leituras dos encoders, executar trajetórias simples do robô, ler os sensores de ultrassom.

APLICAÇÃO DO ROBÔ MOVEL NO ENSINO

O objetivo de aplicar o robô como recurso auxiliar na didática de ensino dos cursos de engenharia foi plasmada. Será descrito como as diversas tarefas de construção do robô ajudou a fixar os conhecimentos teóricos dos acadêmicos com a

prática. Será explicada também sua utilização didática no ensino da odometria da robótica móvel. A construção do robô móvel implicou um processo de aprendizagem muito importante para os alunos envolvidos na tarefa, os alunos no processo de construção do robô tiveram a oportunidade de adquirir novos conhecimentos e potencializar habilidades e destrezas técnicas, podemos mencionar sucintamente que o processo permitiu aos alunos envolvidos:

- 1.-Conhecer os diversos componentes mecânicos e elétricos do robô (sensores, motores, drivers, etc.)
- 2.-conhecer o funcionamento dos diversos componentes do robô.
- 3.-Fazer o projeto mecânico do robô, a partir da utilização de software CAD.
- 4.-Operações de fabricação, usinagem e corte das peças e componentes da estrutura mecânica do robô.
- 5.-Montagem da parte mecânica do robô.
- 6.-Montagem da parte elétrica.
- 7.-Cabeamento.
- 8.-Programação das rotinas de software de baixo nível para controle dos motores e leitura dos sensores.

Odometria do Robô

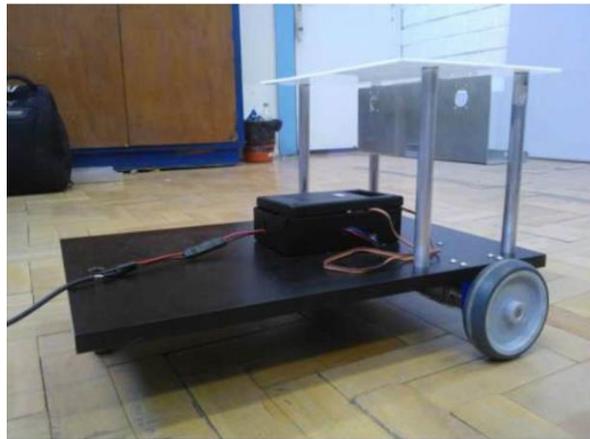
O robô móvel foi utilizado no ensino da disciplina de robótica industrial do curso de engenharia de controle e automação. A odometria é um método para identificar a posição de um robô móvel utilizando o conhecimento do movimento da roda do robô, a partir da odometria é possível o cálculo da POSE de um robô móvel. A POSE é a estimativa da posição e a orientação de um robô móvel. A Odometria utiliza para o cálculo da POSE os dados diâmetro das rodas, pulsos dos encoders, perímetro das rodas. Baseados nestes cálculos e utilizando um algoritmo iterativo chamado de dead-reckoning é possível calcular iterativamente a posição (coordenadas x e y do robô) e o ângulo de orientação do robô móvel em cada instante de tempo.

4. RESULTADOS

É possível sublinhar dois resultados atingidos pelo artigo que estão alinhados como os objetivos iniciais do trabalho. O Primeiro seria a construção do robô móvel realizada pelos alunos, e o segundo resultado seria sua utilização no cálculo da

odometria realizada pelos acadêmicos do curso de engenharia. O primeiro objetivo da construção do robô móvel pode ser visualizado na “Figura 9” que mostra a construção final do robô depois da montagem. O segundo objetivo foi a aplicação do robô como recurso e plataforma de ensino, e é descrito sua utilização no cálculo da odometria de um robô móvel. Com o robô já montado, inicialmente foi possível elaborar dois trabalhos finais da disciplina de Robótica Industrial nas quais foi estudada a odometria do robô. Os resultados destes trabalhos foram satisfatórios, pois, o robô executou a programação pré-estabelecida e realizou trajetórias que descreviam formas geométricas onde foi possível calcular a distância conforme a Tabela 1 e a Figura 10.

Figura 9 - Robô móvel fabricado

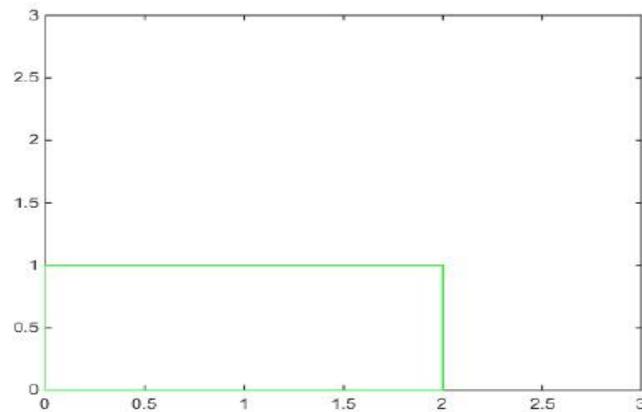


Fonte: O Autor.

Tabela 1 - Dados obtidos através dos encoders

X (m)	Y (m)	ψ (rad)
0	0	0
0,5	0	0
1	0	0
1,5	0	0
2	0	0
2	0	0,785398163
2	0	1,570796327
2	0,5	1,570796327
2	1	1,570796327
2	1	1,570796327
2	1	3,141592654
1,5	1	3,141592654
1	1	3,141592654
0,5	1	3,141592654
0	1	3,141592654
0	1	3,926990817
0	1	4,71238898
0	0,5	4,71238898
0	0	4,71238898
0	0	5,497787144
0	0	6,283185307

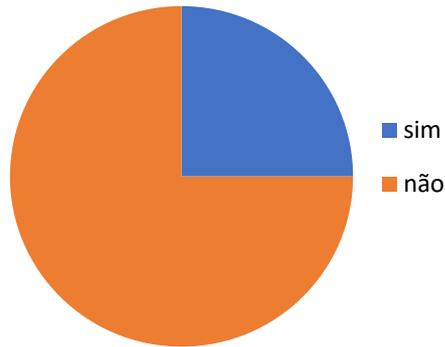
Figura 10 - Gráfica da trajetória percorrida pelo robô gerada pela odometria



Fonte: O Autor.

Um pequeno questionário também foi aplicado aos alunos que utilizaram esta plataforma de ensino. Esse pequeno questionário é muito importante, pois servirá de parâmetro para possíveis melhorias nas aulas práticas. A “Figura 11” mostra que 75% dos alunos que utilizaram o robô, nunca haviam utilizado uma plataforma robótica. O que comprova a carência destes tipos recursos nos cursos de engenharia.

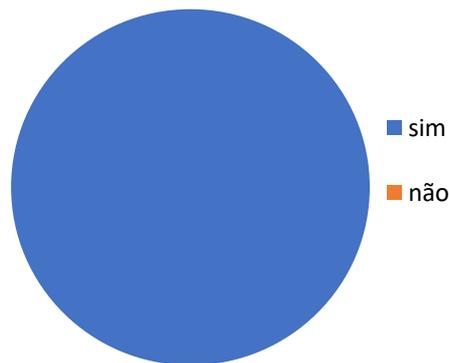
Figura11. Alunos que nunca tinham usado um robô no ensino.



Fonte: O Autor.

A “Figura 12” indica o total de alunos que considera que o robô móvel utilizado ajudou a entender e aplicar os conceitos de odometria utilizados em robótica.

Figura 12. Alunos que consideraram que robô ajudou nos conceitos de odometria



Fonte: O Autor.

A concepção do robô serve de plataforma de ensino em pesquisa interdisciplinar, pois, além da robótica, é possível desenvolver trabalhos que envolvam programação, comunicação de dados dos instrumentos, inteligência artificial e controle aplicado. Esta plataforma também serve como incentivo aos alunos que muitas vezes se sentem desmotivados pela falta de aplicação dos conhecimentos adquiridos em sala de aula. Estes serão utilizados em outros dois trabalhos de conclusão de curso onde um estará focado no desenvolvimento de controlador *Fuzzy* para trajetórias e outro estará destinado a aplicar um algoritmo de localização e mapeamento simultâneo (*Simultaneous Localization and Mapping* - SLAM).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta inicial do trabalho foi concluída tendo como resultados o projeto e construção de um robô móvel o qual foi desenvolvido no laboratório por um grupo de acadêmicos de diferentes cursos de engenharias integrando conhecimentos da área de engenharia mecânica, elétrica, automação e informática; e a aplicação do robô móvel no ensino de disciplinas de engenharia e é ilustrada sua aplicação para o cálculo da odometria do robô móvel. O robô se encontra em utilização no laboratório de robótica do Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento em Engenharia Elétrica (NUPEDEE). Também está sendo utilizado para estudos utilizando novos tipos de sensores como kinect e giroscópio nos quais farão parte de trabalhos e pesquisas mais complexos. Também está sendo elaborado um projeto de extensão onde ele será levado até escolas de ensino médio com o intuito de despertar a curiosidade sobre a robótica nos alunos e linkar conceitos de sua funcionalidade com as disciplinas vistas em sala de aula.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao NUPEDEE por fornecer materiais, espaço físico e máquinas para a confecção do robô. Aos integrantes do Grupo de Robótica e a todos envolvidos no trabalho que atuaram de forma direta ou indiretamente.

REFERÊNCIAS

COELHO, L. S.; VALLIM, M. B. R Uma abordagem multidisciplinar de robótica móvel em cursos de tecnologia e de engenharia. Anais: XXIX – Congresso Brasileiro de Ensino em Engenharia. Porto Alegre: 2001

Dirver MD49. **MD49 - Dual 24 Volt 5 Amp H Bridge Motor Drive**. Disponível em < <http://www.robot-electronics.co.uk/htm/md49tech.htm> > Acessado em 20 maio de 2017.

GONÇALVES, Marco A. F. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA. Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas. Um Estudo sobre implementação de ciclos de usinagem Através de Programação Parametrizada em Máquinas de Comando Numérico Computadorizado. 2007, 100 p il. Dissertação (Mestrado).

Microcontrolador Arduino. **Arduino Mega 2560**. Disponível em < <https://www.arduino.cc/en/main/arduinoBoardMega2560> > Acessado em 20 maio de 2017.

PIO, J. L. S.; CASTRO, T. H. C A Robótica Móvel como Instrumento de Apoio à Aprendizagem de Computação. Anais: XVII – Simpósio Brasileiro de Informática na Educação. UNB. Brasília: 2006

ROMERO, Roseli *et al*. Robótica Móvel. Rio de Janeiro: LTC, 2014. 302 p, il. SECCHI, Humberto. **Uma Introdução aos Robôs Móveis**. Disponível em: < http://www.obr.org.br/wp-content/uploads/2013/04/Uma_Introducao_aos_Robos_Moveis.pdf > Acessado em 20 maio 2017.

SILVA, Sérgio R. UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA. Departamento de Ciência da Computação e Engenharia Mecânica. Protótipo de um Robô Móvel de Baixo Custo Para Uso Interdisciplinar em Cursos Superiores de Engenharia de Computação, 2011, 220 p il. Dissertação (Mestrado).

Sensor Ultrassônico. Disponível em < <http://www.filipeflop.com/pd-6b8a2-sensor-de-distancia-ultrassonico-hc-sr04.html> > Acessado em 20 maio de 2017.

CONSTRUCTION OF A MOBILE ROBOT FOR TEACHING OF THE DISCIPLINES OF ENGINEERING COURSES

Abstract: *This paper describes the construction of a mobile robot of low cost that will be used as a tool for teaching in engineering courses. Specially, in the courses of Control and automation engineering, Computing engineering and electrical engineering. The mobile robot has Direct current motors, encoders, electrical drivers, a microcontroller (Arduino), ultrasonic sensors and a movement sensor (kinect), a camera and it is based on different material such as MDF, aluminum axis and acrylics that are materials that were recycled from materials that were abandoned from the Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento em Engenharia Elétrica (NUPEDEE). The*

NUPEDEE was also the place where the robot was fabricated and it allocates also a research group in robotics. The paper describes some initial works developed for students using the mobile robot, also the results of the application of a small questionnaire in the students who used the robot.

Key-words: *Mobile robotics, teaching robotics, Arduino*