

Robô móvel autônomo de baixo custo construído com alumínio reciclado**Low cost line follower prototype made from recycled aluminium**

DOI:10.34117/bjdv6n12-715

Recebimento dos originais: 27/11/2020

Aceitação para publicação: 29/12/2020

Mateus de Assis Silva

Bacharel em Ciências e Tecnologia

Instituição: Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)

Endereço: Rua Miraf, 148, bairro Felipe Camarão, Natal-RN

E-mail: mateus.d.assis.silva@gmail.com

Moisés Medeiros de Lima

Graduando em Ciências e Tecnologia

Instituição: Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA)

Endereço: Rua Santa Luzia, 13a, bairro Bela Parnamirim, Parnamirim-RN

E-mail: moisesmedeirosdelima@gmail.com

Samuel Victor Maciel da Silva

Graduando em Ciências e Tecnologia

Instituição: Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)

Endereço: Avenida Comandante Petit, 223, Centro, Parnamirim-RN

E-mail: samuelvms10@gmail.com

Gustavo Vieira Queiroz

Graduando em Engenharia da Computação

Instituição: Instituto Tecnológico da Aeronáutica (ITA)

Endereço: Rua Girassol, 250 (casa 33), bairro Jardim Planalto, Parnamirim-RN

E-mail: gustavo.vieira.13_@hotmail.com

RESUMO

O presente artigo tem como objetivo apresentar detalhadamente as etapas do projeto e o desenvolvimento do protótipo de um robô móvel seguidor de linha de baixo custo construído com alumínio reciclado. A propósito, foi desenvolvido um veículo automatizado para percorrer trajetos e realizar tarefas a partir da identificação de padrões em seu caminho. O robô possui um sistema de direção e tomada de decisões operado por microcontrolador Arduino (programação em C++), a partir de informações coletadas por sensores periféricos. Seu sistema de acionamento de motores poderá acionar as rodas de tração independentemente, possibilitando a realização de curvas sem a necessidade de um eixo móvel. Ele é capaz de se deslocar em terrenos redutores de velocidade e em regiões de subida, atravessar regiões desconhecidas (em que a linha guia não possa ser detectada) e de identificar, agarrar e transportar objetos até uma área específica, apresentando resultados confiáveis, com qualidade e baixo custo.

Palavras-chave: Robótica Móvel, Seguidor de Linha, Arduino, Reciclagem.

ABSTRACT

This paper has the goal of showing minutely the steps of the project and the development of the low-cost line follower mobile robot's prototype, which is made from recycled aluminium. By the way, it was developed a automated vehicle to travel routes and do tasks from identification of patterns in its way. The robot has a direction and decision making's system operated by Arduino microcontroller (C++ programming language) from informations collected from peripheral sensors. Its motor actuation system may operate the traction wheels independently, enabling the robot to turn without a mobile axis. It is able to move in areas with speed blumps and in slopes, cross unknown areas (where the line may not be detected) and identify, catch and carry objects to a specific area, presenting reliable results, with feature and low-cost.

Keywords: Mobile Robotics, Line Follower, Arduino, Recycling.

1 INTRODUÇÃO

Tradicionalmente, as aplicações da robótica estavam concentradas no setor da indústria, com a utilização de robôs manipuladores (que proporcionaram crescente flexibilização da produção). A partir daí, surge o conceito célula de fabricação robotizada. No entanto, tais células limitam-se às características dos manipuladores empregados.

Uma das limitações desses manipuladores estava ligada à sua área geográfica de atuação, havendo a necessidade do transporte de materiais, equipamentos e outros suprimentos até as células de fabricação robóticas. Diante dessa demanda produtiva, foram direcionados investimentos para a estruturação dos ambientes industriais, voltando-se ao desenvolvimento de novos sistemas robóticos capazes de se locomover na fábrica [1].

Nesse contexto, surgem os veículos automaticamente guiados (ou AGVs - *Automated Guided Vehicle*), caracterizados por serem máquinas autônomas capazes de transportar e manusear cargas, e de se deslocar em trajetos pré-definidos, de forma independente, sem a necessidade de um condutor humano. O emprego de sistemas que utilizam algum tipo de guia – como canaletas, fitas refletoras nas paredes, e fitas magnéticas ou coloridas no piso – para o deslocamento dos robôs pelo chão de fábrica é ainda comum nos dias de hoje [2].

A versatilidade dos AGVs, aliada ao crescente interesse por aplicações da robótica em setores não industriais, onde a estruturação do entorno acaba não sendo viável, despertou para a necessidade de se agregar um maior grau de inteligência e percepção a esses veículos, com o intuito de dar-lhes um propósito mais geral, capaz de adaptar-se a outras classes de ambiente. Essa ideia está associada à definição de robôs móveis, que envolve um conhecimento incerto do ambiente mediante as informações captadas através de sensores e do estado atual do veículo [3].

Diante desse contexto, o presente trabalho tem como objetivo a construção do protótipo de um

robô móvel autônomo que seja capaz de proporcionar uma alternativa criativa, inovadora e ecologicamente sustentável, utilizando-se de uma arquitetura de desenvolvimento flexível, capaz de ser adaptado para seu emprego em diversas aplicações.

Esse artigo encontra-se organizado da seguinte forma: na seção 2 se encontra a revisão bibliográfica. A seção 3 explicita como foi construído o protótipo, e quais materiais foram utilizados no processo. Em seguida, a seção 4 demonstra os resultados obtidos. Por fim, encontra-se na seção 5 a conclusão deste trabalho.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os veículos guiados automaticamente (ou AGVs - *Automated Guided Vehicle*) são máquinas autônomas que não necessitam de condutor humano e que são capazes de se deslocar em trajetos pré definidos [4].

Desenvolvidos para receber e executar instruções, seguir um caminho, carregar e distribuir materiais, esses veículos têm como vantagens a capacidade de se adequarem a áreas apertadas, dividirem os corredores com pessoas e empilhadeiras e se adaptarem a mudanças de trajeto.

Esses robôs automaticamente guiados são compostos de uma série de sensores e circuitos para realizar uma sequência de ações que, ao serem concluídas, indicam a conquista do objetivo para o qual o robô esteja programado [2].

Exemplos de aplicações da robótica móvel podem ser encontrados em [5], dentre os quais pode-se destacar:

- Desarmamento de Bombas (*iRobot PackBot EOD*) [6].
- Prestação de serviços (linha *Roomba*) – aspirador de pó autônomo [7].

Além disso, são flexíveis, demandam pouca manutenção e possuem capacidade de carga bastante variável. Suas aplicações mais comuns são em transporte de materiais para linhas de produção, galpões e em portos [2].

Com o intuito de obter-se um melhor entendimento dos componentes e procedimentos realizados neste trabalho, é abordada a seguir uma descrição técnica sobre os principais temas e conceitos teóricos necessários para o entendimento do projeto.

3 METODOLOGIA

A abordagem metodológica de execução do projeto constitui-se de pesquisas a respeito das partes física, eletrônica e lógica do projeto (chassi, motores, sensores, programação, etc). Em seguida,

foram especificados os componentes necessários para a implementação das funcionalidades do robô, definindo-se um modelo para a estrutura do chassi. Foi então realizada uma coleta seletiva de materiais de alumínio para a produção do chassi. Em seguida, as partes lógica e eletrônica foram construídas e acopladas ao chassi.

Nas subseções seguintes serão descritos os materiais utilizados no projeto, a forma como foram empregados e a sua finalidade.

3.1 MECÂNICA

3.1.1 Construção do Chassi

Inicialmente, para a construção do chassi foi necessário a elaboração de um modelo para o molde, feito com papelão e coberto por massa corrida.

Após isso, o próximo passo foi a arrecadação de materiais de alumínio (especialmente latinhas de refrigerante) para a realização da fundição. Então, realizou-se na escola a distribuição de cestos de lixo identificados, conforme apresentado na Figura 1, para a coleta do alumínio a ser reciclado.

Depois da arrecadação de alumínio, foi feito um molde de areia, ilustrado na Figura 2, para confecção do chassi. Logo em seguida, com o material já obtido, realizamos a fundição, com o auxílio de um maçarico no laboratório de soldagem da própria instituição.

Figura 1: Reciclagem de Materiais



Figura 2: Fundição do Chassi



Em seguida, a peça foi submetida a várias sessões de usinagem. A Figura 3 mostra a utilização do Centro de Usinagem CNC para a correção de falhas na peça do chassi, os quais foram muito eficientes demonstrando resultados excepcionais.

Figura 3: Usinagem do Chassi



Por fim, logo após o término da usinagem, o chassi foi pintado com uma tinta verniz preta, e, depois disso, foram realizadas as medidas necessárias para o acoplamento do circuito em sua estrutura.

3.1.2 Construção de peças utilizando impressora 3D

Para a construção do robô, utilizou-se os mais diversos materiais, dentre os quais, para o chassi, alumínio reciclado, além de peças compradas, outras usinadas e, ainda, algumas fabricadas utilizando impressão 3D com uma máquina disponível no instituto.

As peças impressas foram projetadas pelos desenvolvedores do projeto em ferramenta CAD e

utilizadas com fins de acoplamento de sensores e atuadores ao chassi do robô.

Este processo foi escolhido como forma de fabricação devido a versatilidade da tecnologia de modelagem e impressão de objetos em 3 dimensões com polímero de ABS [8], além da disponibilidade de tal dispositivo no instituto.

3.2 ELETRÔNICA

Seguindo as premissas do projeto, a eletrônica é baseada no Arduino e em circuitos compatíveis com ele.

Devido a necessidade de maior número de portas digitais disponíveis para o acoplamento de dispositivos periféricos, foi utilizada a placa Arduino Mega. Foram realizadas pesquisas bibliográficas como embasamento para a construção do circuito.

O sensor utilizado no projeto para a detecção de linha foi o QTR-8RC, o qual possui 8 sensores analógicos de refletância. Cada canal é formado por um LED infravermelho e um fototransistor. Seu princípio de funcionamento se baseia no tempo de reflexão da luz infravermelha que, normalmente é maior quando o sensor se apresenta sobre uma superfície de cor preta, e é menor quando a superfície é branca.

3.2.1 Sensor QTR-8RC Analógico

A matriz de sensores de refletância QTR-8RC é concebido como um sensor de linha, mas pode ser usado como uma proximidade de uso geral ou sensor de refletância. No presente projeto foi utilizado com o objetivo de identificar uma linha (preta) no piso, a qual será seguida pelo robô para que ele siga o percurso desejado.

3.2.2 Sensor de Ultrassom

A função do sensor ultrassônico é realizar a detecção de obstáculos. Além disso, este dispositivo permite que seja calculada a distância entre o objeto e o robô.

3.2.3 Motor de Corrente Contínua

Utilizado como atuador, este dispositivo converte energia elétrica em mecânica. Utilizou-se dois motores CC controlados separadamente. Isso permite que as rodas do protótipo sejam tracionadas de forma independente, de modo que o robô consiga realizar giros ao redor de seu eixo.

3.2.4 Arduino Mega

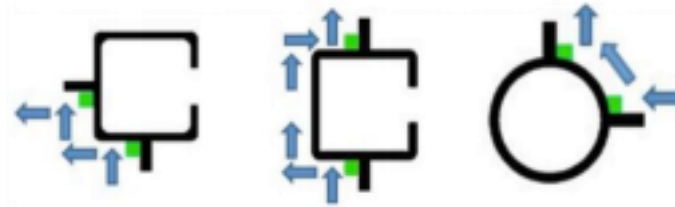
A placa Arduino Mega recebe dos dispositivos periféricos as informações sobre o espaço em que se encontra o robô e utiliza essas informações para tomada de decisões e pilotagem.

Essa placa possui um microcontrolador Atmel (Atmega 2560), que realiza o processamento central do robô. Este foi programado utilizando-se a linguagem de programação C++, e tal programação permite ao robô executar suas funções de modo que ele se comporte como desejado.

3.2.5 Sensor de Cor TCS 230

Este sensor é capaz de identificar determinadas cores, entre elas está a cor verde, a qual é utilizada como marcador nas encruzilhadas (caminhos onde se forma um T). De acordo com a ilustração da Figura 4 a marcação, o robô tomará a decisão sobre qual sentido seguir.

Figura 4: Escolha de Trajetória [9]



3.2.6 Sensor de Rotação (Encoder)

Encoder é um dispositivo eletromecânico que gera pulsos elétricos a partir do movimento rotacional em seu eixo. Com essa informação, pode-se calcular outras grandezas, como: velocidade e posição do robô, por exemplo.

No contexto do projeto, seu uso está relacionado à leitura de velocidade linear e angular, além de fornecer a informação sobre o posicionamento do robô numa determinada área conhecida.

3.2.7 Garra Robótica

A aplicação de uma garra no contexto do projeto está relacionada à ação de pegar ou agarrar objetos quando necessário.

Existem diversas aplicações, entre elas a simulação de salvamento (a exemplo da prova de resgate da Olimpíada Brasileira de Robótica – OBR) [9], onde há uma vítima em ambiente de risco, a qual deve ser transportada para um local seguro. Esse transporte deve ser realizado com o auxílio da referida garra.

3.3 SOFTWARE

Para desenvolver o software que controla o robô, definiu-se uma ordem de procedimentos que irão manter o sensor sobre a linha. Iniciando com a inclusão de bibliotecas, definição de constantes, calibração de sensores, configuração de pinos, iniciação da comunicação serial e declaração de funções e variáveis.

O programa, então, consiste em determinar a posição da linha, a partir da leitura do sensor de linha, como também da verificação do tempo de resposta.

A partir daí, calcula-se a distância entre o centro do robô e a linha, determinando a diferença de velocidades entre os motores em função da distância e calculando-se as velocidades de cada motor. Verifica-se também se estas não ultrapassam a máxima atingível (realizando as devidas correções, caso seja necessário) e, por fim, são enviados sinais de controle ao driver da ponte H, aplicando-se uma velocidade e sentido de rotação a cada motor.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os testes com o robô foram realizados utilizando-se diferentes configurações de trajetos. Seus resultados demonstraram que o protótipo é capaz de percorrer, com precisão, uma linha reta.

Quanto à ocorrência de trajetórias curvilíneas no percurso, o algoritmo de controle realiza os devidos ajustes no comando dos motores CC, de modo que o protótipo percorre igualmente bem a trajetória desejada.

Numa das configurações foram estabelecidas regiões de bifurcação no trajeto para avaliar o desempenho do robô quanto a escolha de caminhos, conforme ilustra a Figura 5. Os resultados revelaram que o protótipo, ao se deparar com tais situações, consegue decidir o caminho e continuar seguindo o percurso no sentido desejado.

Ainda na Figura 5, é apresentado outro caso de teste em que foram colocadas regiões de percurso sem a linha guia (gaps). Nesse caso, observou-se que o protótipo é capaz de percorrer cerca de 15 cm, em média, sem a linha, encontrando com sucesso o ponto do trajeto em que a linha volta a existir.

Figura 5: Testes em situações de bifurcação (à direita) e *gaps* na linha de percurso (à esquerda).



O protótipo foi inicialmente pensado com fins didáticos, de modo que a construção do chassi em alumínio reciclado, obtendo-se o material a partir da coleta de latinhas no próprio instituto, se apresentou como uma interessante alternativa de baixo custo para a prática de conceitos relacionados a métodos de fundição e usinagem nas disciplinas dessa área no curso técnico de nível médio em mecatrônica.

Nas etapas subsequentes de seu desenvolvimento, acabou servindo também como referência para estudos mais aprofundados dos conceitos de eletrônica, instrumentação e microcontroladores, caracterizando-se como uma interessante alternativa para a prática interdisciplinar de projetos integradores [10].

A Tabela 1, apresenta a lista de materiais utilizados no desenvolvimento do protótipo, bem como os custos envolvidos.

Tabela 1 - Valor final do protótipo.

Materiais	Qtd.	Valor (R\$)
Sensor infravermelho QTR 8 RC	1	60,00
Sensor de Distância Ultrassônico HC-SR04	3	56,70
Conjunto de 2 Motores com Redução e 2 Rodas/Pneus para Robô	1	57,90
Placa Arduino Mega 2560 R3 + Cabo USB para Arduino	1	99,90
Driver Ponte H L298N	1	26,90
Sensor de Cor TCS 230	2	49,98
Baterias de Lipo	2	79,80
Encoder B83609	2	53,60
Garra Robótica	1	39,90
Total		524,68

O valor total apresentado, aliado à diversidade de sensores empregados no projeto, indicam uma alta relação custo/benefício, chegando o protótipo a ser cerca de 10% mais barato quando comparado com o valor de kits similares disponíveis no mercado, como o Arduino Robo Kit Labirinto Micromouse Robotracer [11], que custa R\$ 577,77.

Essa melhor relação custo/benefício mostra-se ainda mais evidente ao observar-se o fato de que os kits comercialmente disponíveis, em geral, apresentam uma quantidade reduzida de sensores, limitando a sua aplicabilidade [12].

A Figura 6 apresenta testes realizados com o protótipo, em que está sendo desenvolvido um trabalho de otimização do código de posicionamento do robô a partir da leitura dos sensores *encoder* acoplados a suas rodas.

Figura 6: Modelo Final do Protótipo nos últimos Testes.



A arquitetura flexível e alto potencial de aplicabilidade do robô permitem alcançar novas funcionalidades, como por exemplo, aplicações comerciais, transporte de materiais em ambiente hospitalar, ou o desenvolvimento de tecnologias assistivas.

5 CONCLUSÃO

Com o presente trabalho pôde-se verificar de forma prática a relação interdisciplinar envolvida no estudo da robótica. Percebe-se também o elevado potencial de aplicação dos robôs móveis seguidores de linha.

No âmbito educacional, deve-se considerar o desenvolvimento profissional dos alunos a partir de iniciativas de baixo custo que proporcionem o aprofundamento dos conceitos e teorias dos cursos técnicos através da realização de projetos de práticas integradoras.

Por fim, o potencial de evolução do projeto a partir de sua adaptação pode ser empregado em diversas aplicações, por exemplo: domótica, assistência a pessoas com deficiência, transporte de materiais em diversos contextos, como, por exemplo, em ambientes hospitalares.

REFERÊNCIAS

- [1] Secchi, H.; Uma Introdução aos Robôs Móveis. Tradução: Cynthia Netto de Almeida e Felipe Nascimento Martins. NERAS-IFES. Abril de 2012. Disponível em: http://www.obr.org.br/wpcontent/uploads/2013/04/Uma_Introducao_aos_Robos_Moveis.pdf. Acesso em: 10 dez. 2020.
- [2] Andrade, D. S.; Projeto: Robô Seguidor de Linha. Projeto da disciplina de Eletrônica Aplicada, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis: 2013. Disponível em: <http://www.danielandrade.net/wp-content/uploads/2014/08/relatorio-final.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2020.
- [3] Pereira, F. G.; Navegação e Desvio de Obstáculos Usando um Robô Móvel Dotado de Sensor de Varredura Laser. 96 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Espírito Santo, ES: 2006.
- [4] Types of Automatic Guided Vehicles. Disponível em: <<http://www.agvsystems.com/vehicles/>>. Acesso em: 10 dez. 2020.
- [5] Guimarães, F. A.; Desenvolvimento de robô móvel utilizado para a exploração de ambientes hostis. 227 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos) – São Caetano do Sul, SP: CEUN-EEM, 2007.
- [6] iRobot 510 PackBot Multi-Mission Robot. Disponível em: <<https://www.army-technology.com/projects/irobot-510-packbot-multi-mission-robot/>>. Acesso em: 10 dez. 2020.
- [7] Robôs aspiradores de Limpeza | iRobot. Disponível em: <<https://www.irobot.com.br/roomba>>. Acesso em: 10 dez. 2020.
- [8] SILVA, Pedro coelho; SANTANDREA, Rafael Souza; BRANDÃO, Lincoln Cardoso; XAVIER, Marcos Vinício Antônio; VOLPINI, Victor Lattaro. 3D PRINTING: A PRACTICAL GUIDE. Brazilian Journal of Development, São José dos Pinhais/PR, v. 6, n. 11, p. 84478-84493, nov. 2020.
- [9] Olimpíada Brasileira de Robótica. Regras e Instruções – Provas Regionais/Estaduais Modalidade Prática 2016. Disponível em: http://www.obr.org.br/wpcontent/uploads/2016/05/Regras_pratica_regionais_v1_3_2016.pdf. Acesso em: 10 dez. 2020.
- [10] Instituto Federal do Rio Grande do Norte. Projeto Pedagógico do Curso Técnico de Nível Médio em Mecatrônica na forma Integrada presencial. Disponível em: http://portal.ifrn.edu.br/ensino/cursos/cursos-tecnicos-de-nivel-medio/tecnico_integrado/tecnico-em-mecatronica. Acesso em: 18 jun. 2016.
- [11] uProc. Arduino Robo Kit Labirinto Micromouse Robotracer. Disponível em: <http://www.uproc.com.br/arduino-robo-kit-labirinto-micromouse-robotracer>. Acesso em: 30 jun. 2016.
- [12] WS Kits. Seguidor de linha. Disponível em: <http://www.wskits.com.br/seguidor-linha-robo>. Acesso em: 10 dez. 2020.