

# Desenvolvimento de Robô Protótipo para Detecção e Desarmamento de Bombas em Plataforma LEGO NXT

E. Pfeifer and A. Simões

**Resumo** — Este texto descreve a implementação de um robô autônomo capaz de rastrear e desarmar bombas representadas por dois cubos de cores distintas com três fios, em uma arena de competição pré-definida. Para tanto, é utilizado kit de robótica reconfigurável em conjunto com kits expansivos de atuadores e sensores. O rastreamento dos objetos é feito por meio de um sensor de imagem, enquanto o posicionamento é executado por meio de *encoders* acoplados aos motores de tração e o desarme das bombas é feito utilizando um braço robótico com seis graus de liberdade acionados por servomecanismos.

## I. INTRODUÇÃO

EM décadas passadas, robôs eram apresentados somente por ficção científica ou pela imaginação humana. No início dos anos 60 os primeiros robôs foram construídos com o intuito de substituir tarefas de risco à vida humana, ou em casos de extremo esforço físico ou trabalhos repetitivos[1].

Nos dias de hoje, os robôs estão ganhando seu espaço e se tornaram uma realidade muito próxima das pessoas. Robôs móveis autônomos podem ser usados em diferenciadas aplicações, como: mapeamento de resíduos tóxicos e pontos de risco [2], aplicações aeroespaciais para exploração em ambientes hostis [3], inspeção remota em ambientes industriais para detecção de altas temperaturas e radiação [4], detecção de bombas em zonas de conflito e limpeza de reatores nucleares [5].

O desenvolvimento de um robô móvel autônomo não é uma simples tarefa por envolver múltiplas áreas da engenharia, principalmente mecânica, eletrônica, instrumentação, controle e automação [6]. A geração do trajeto e o desenvolvimento do controle estratégico para o robô executar uma seqüência de operações específica é muito complexa [7].

Este texto apresenta os aspectos da construção de um robô autônomo a partir de kits de robótica e periféricos de auxílio visando participação na categoria *Open* da VI Competição IEEE Brasileira de Robôs e do VII LARC (Latin American Robotics Contest). Este robô é desenvolvido no âmbito da Universidade Católica Dom Bosco - UCDB como Projeto de Pesquisa intitulado “ROBAUTO - Robôs autônomos para competições de robótica livre” e apoiado pelo CNPq/UCDB.

E. Pfeifer é acadêmico do 10º semestre do curso de Engenharia Mecatrônica da Universidade Católica Dom Bosco – UCDB, Campo Grande, MS, 79117-900 Brasil (fone: +55-67-99827510; e-mail: erick.meca@gmail.com).

A. Simões é acadêmico do 6º semestre do curso de Engenharia Mecatrônica da Universidade Católica Dom Bosco – UCDB, Campo Grande, MS, 79117-900 Brasil (fone: +55-67-96288811; e-mail: alonso.simoies@hotmail.com).

Também serão abordados aspectos relacionados à programação, estratégia e composição mecânica do robô.

O desafio proposto propõe a construção de um robô para detecção e desarmamento de bombas em um ambiente conhecido onde se localizam duas bombas, uma em região plana em local aleatório e outra em um plano elevado. As duas bombas devem ser desarmadas por meio da manipulação de três fios de conexão.

Abaixo, na Figura 1, ilustra-se a arena na qual será realizada a tarefa proposta.

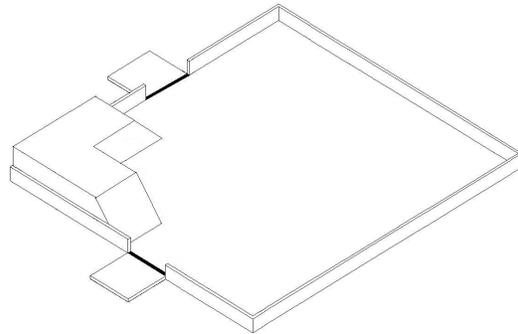


Fig. 1. Vista em perspectiva da arena de competição.

Aleatoriamente será determinado em qual lado o robô deverá estar no início da partida para poder adentrar na arena e localizar as bombas representadas por blocos de madeira maciça apoiados com fios engastados, vide Figura 2.

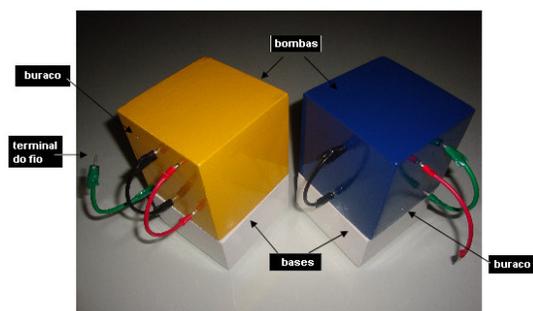


Fig. 2. Vistas das bombas, suas conexões, fios e bases.

Encontrada a bomba o robô deve identificar a ordem dos fios e sacar primeiro o fio vermelho, depois o verde deixando intacto o fio preto.

Para completar a tarefa proposta com rapidez e eficiência são utilizadas estratégias que buscam simplificar,

reduzir movimentos e operações sem perder precisão e coerência. A partir do desafio proposto, pode-se elencar as maiores dificuldades e prioridades na execução da tarefa.

Construir robôs utilizando *kits* de robótica com estruturação mecânica reconfigurável encontra sua maior vantagem na necessidade de realizar qualquer readaptação de projeto em pouco tempo, melhorando o aproveitamento do robô em caso de possíveis imprevistos quanto à irregularidades na arena ou ambiente.

Tecnologias aplicadas à robótica didática propiciaram a utilização de *kits* LEGO MINDSTORMS NXT em tarefas que requerem maior aptidão do sistema de sensoriamento e dos atuadores do protótipo.

O desafio pode ser dividido em duas etapas: localização e desarme. Cada etapa exige do robô diferentes habilidades, dentre elas destacou-se:

- Utilização de um sensor de imagem para rastrear as bombas e o fio a ser extraído;
- Sistema de desarme eficiente capaz de alternar a posição do efetuator de extração sem movimentação do robô (apenas o braço robótico);
- Sistema de sensoriamento externo capaz de identificar a orientação do robô em tempo real para facilitar a tarefa de navegação.

## II. CONFIGURAÇÃO MECÂNICA

A arquitetura na forma de barras utilizando peças do *kit* de robótica NXT facilitou a construção de um robô simétrico e leve, Figura 3.

Os motores utilizados possuem precisão e bom torque. A respeito de sua utilização pode-se destacar o sistema de locomoção do robô.

### A. Sistema de Locomoção

Objetivando a simplificação do sistema de locomoção optou-se pela mudança da orientação por diferença de rotação das rodas do robô.

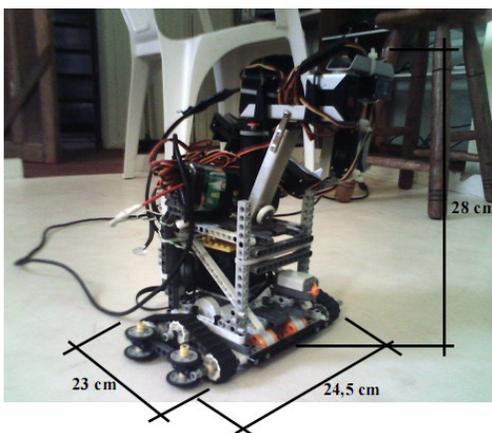


Fig. 3. Vista geral e dimensões do robô.

Dois motores, provenientes do *kit* Lego que possuem boa precisão para a aplicação (*encoder* com precisão de 1 pulso por grau de rotação) e bom torque (0,15 N.m), acionam as rodas que dependendo das velocidades e sentidos de rotação permitem o robô realizar tanto curvas acentuadas quanto rotacionar em torno de seu eixo. Na Figura 4 ilustra-se o motor utilizado no robô.



Fig. 4. Motor de acionamento das rodas do robô.

### B. Sistema de Desarme

O sistema de desarme das bombas é constituído por um braço robótico, o qual foi construído utilizando servomotores do *kit* Robix. O braço possui seis graus de liberdade, sendo dois pares redundantes, seu máximo alcance é de 0,45 m, em sua extremidade há um efetuator em forma de pinça, que é acionado pelo servomecanismo de número 7, encontra sua função em pinçar o fio a ser extraído da bomba.

Na Figura 5 ilustram-se os *links* do braço mecânico, bem como as direções de rotação de cada junta do braço.



Fig. 5. Links e juntas do braço robótico.

## III. SISTEMAS ELETRÔNICOS

O padrão de comunicação I<sup>2</sup>C (*Inter-Integrated Circuit*) utilizado pelo módulo NXT para receber atualizações dos sensores, possibilitou a interface com outros dispositivos, tais como sensores de imagem e controladores de servomotores, que por sua vez permitiu a fusão dos *kits* LEGO com os atuadores do *kit* Robix, viabilizando a criação do robô e seus sistemas eletrônicos.

Estes sistemas podem ser divididos basicamente em sensoriamento, inteligência e atuação.

O sistema eletrônico de sensoriamento, similarmente ao sistema dos atuadores, também se contrasta entre si conforme os tipos de sensores, são eles:

- Sensores de toque: são utilizados para estabelecer limites de movimento;
- *Encoders* de quadratura: de suma importância para a navegação, gerando a odometria do robô. São utilizados *encoders* pré-instalados aos motores de tração e outros externos acoplados aos eixos de rotação do braço robótico;
- Sensor de imagem: de simples instalação, com comandos específicos para rastreamento de cores e linhas. Sendo este implementado na unidade de processamento do NXT via microcontrolador que modula os sinais da câmera e envia por I<sup>2</sup>C informações para a unidade de controle;
- Sensor de orientação: Bússola digital gerando uma orientação absoluta do robô em relação ao norte magnético da Terra.

Os circuitos eletrônicos de “inteligência” utilizam a plataforma de processamento e inteligência NXT da LEGO (com um processador Atmel 32-bit). Na Figura 6 ilustra-se um organograma simplificado do funcionamento dos sistemas do robô.

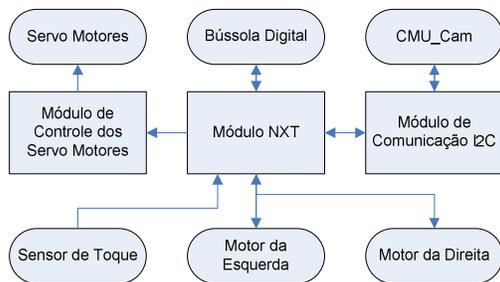


Fig. 6. Organograma da unidade de processamento, sensoriamento e atuação do sistema robótico.

#### IV. ESTRATÉGIA E PROGRAMAÇÃO

Para completar a tarefa da forma esperada, segue-se um algoritmo que tem o objetivo localizar as bombas e desarmar os fios na ordem correta. Pode-se observar o fluxograma simplificado do algoritmo na Figura 7.

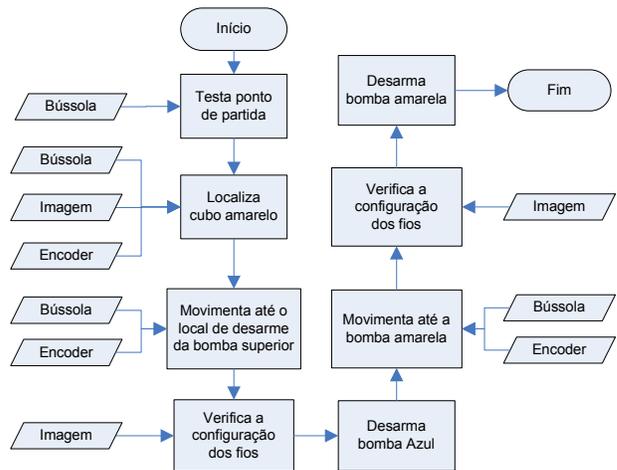


Fig. 7. Fluxograma do programa.

Para implementar esse algoritmo ao módulo NXT do robô é utilizado o software IDE *Bricx Command Center*, desenvolvido por Mark Overmars, a linguagem utilizada para programação foi NXC (*Not eXactly C*), linguagem esta desenvolvida especificamente para aplicações utilizando LEGO MINDSTORMS NXT.

#### V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto de um robô autônomo é uma tarefa complexa. O processamento de imagens é intrincado devido às variações de claridade do local, que interferem nas imagens capturadas. A programação do robô para detecção dos objetos e navegação de forma precisa soma diversos testes e ajustes para a obtenção de um resultado positivo.

Devido à envergadura do braço do robô, foi necessário utilizar um artifício para a correção da sua inércia, ou seja, na parte central abaixo do início da haste do suporte do braço, foi desenvolvida uma caixa com chumbo para aumentar o peso da estrutura principal, funcionando como um contrapeso.

Para a construção de um protótipo devem-se avaliar alguns fatores importantes: criar a estrutura mecânica (usinar peça a peça) é o ideal quando se tem muito tempo e recursos financeiros para investir no projeto gerando possibilidades ilimitadas de movimento, no entanto, a possibilidade de utilizar robótica reconfigurável permite readaptações de projeto com muita facilidade e alta reposição de peças, o que é ideal para casos de campeonatos que podem ocorrer em cidades desprovidas de recursos para substituir eventuais peças quebradas.

É importante ressaltar o quanto as competições e desafios de robótica incentivam a pesquisa e desenvolvimento, fomentando as pesquisas de forma muito positiva e contribuindo com a formação de engenheiros, graças aos aprimoramentos dos conceitos multidisciplinares, incluindo mecânica geral, ciência dos materiais, eletrônica analógica e digital, microcontroladores, controle e servomecanismos, lógica e programação adquiridos com os projetos, bem como o uso de várias ferramentas como

AutoCAD, 3DStudio, SolidWorks e simuladores eletrônicos (EWB, PSPice, Altium Designer).

#### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] Pasos, F. (2002). *Automação de Sistemas & Robótica*. Axcel Books do Brasil Editora Ltda.
- [2] Hayes, A. T., Martinoli, A., Goodman, R. M. (2002). Distributed Odor Source Localization. *IEEE Sensor Journal*, Vol. II, No. 3.
- [3] Ambrose, R., Askew, R. S. (1995). An Experimental Investigation of Actuators for Space Robots. *IEEE International Conference on Robotics and Automation*, pp. 2625 – 2630.
- [4] Monkman G. L., Taylor R. D. (1993). Thermal Tactile Sensing. *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, Vol. IX, No. 3.
- [5] Wagner, L. A. Lindenbaum, M., Bruckstein, A. M. (1999). Distributed Covering by Ant-Robots Using Evaporating Traces. *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, Vol XV, No. 5.
- [6] Rosário, J. M. (2005). *Princípios da Mecatrônica*. São Paulo: Prentice-Hall.
- [7] Pedrosa, D. P. F., Medeiros, A. A D., Alsina, P. J. (2002). Geração de Caminhos Ponto-a-Ponto para Robôs Móveis com Rodas. *Anais do XIV Congresso Brasileiro de Automática*.