



XIX Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia Mecânica - 13 a 17/08/2012 – São Carlos-SP
Artigo CREEM2012

DESENVOLVIMENTO DE UM ROBÔ LABIRINTO USANDO O KIT LEGO MINDSTORM

Dulles Araujo Gomes, Bruno Jou Hiraiwa, Daiane Albino Silva, Rodolfo Marques Silva e Rogério Sales Gonçalves

Equipe de Desenvolvimento em Robótica Móvel-EDROM, FEMEC, UFU, Av. João Naves de Ávila, 2121, Bairro Santa Mônica, Campus Santa Mônica – Bloco 1M, Uberlândia-MG – CEP 38400-902UFU

E-mail para correspondência: rsgoncalves@mecanica.ufu.br

Resumo

Este trabalho propõe o desenvolvimento de um robô móvel utilizando-se somente das peças do kit da Lego Mindstorm, que seja autônomo, e capaz de encontrar a saída de labirintos genéricos. Assim, neste trabalho primeiramente é apresentada a relação entre o Lego Mindstorm e a Robótica. Após, o problema do labirinto e o robô desenvolvido são apresentados. Para resolução do problema do labirinto é utilizada a regra da mão direita. Finalmente, os testes experimentais com o robô desenvolvido são descritos.

Palavras-chave: Robótica, Robô Móvel, Lego Mindstorm, Labirinto.

Introdução

As áreas de Inteligência Artificial e Robótica são áreas interligadas com o objetivo de desenvolver métodos ou algoritmos eficazes, que permitam dotar de “inteligência” mecanismos desenvolvidos por humanos. Desde os primórdios a imaginação humana sempre se deixou levar pela idéia de que algum dia iria existir máquinas capazes de pensar e compreender o universo por meio próprios. Muito dessa imaginação foi sempre expressa em filmes ou séries que, acabaram influenciando gerações a se dedicarem à investigação e descobertas de novas formas de dotar mecanismos robóticos de inteligência, bem como a descoberta de novos mecanismos com muito mais capacidade e, por consequência, com um melhor suporte a novos algoritmos e métodos de raciocínio (Figueira, 2008).

Atualmente já se encontram no mercado diversos kits educativos para as áreas mencionadas, especialmente concebidos para educação, em que o pretendido é que o aluno se divirta com esses kits, ao mesmo tempo que aprende os conceitos básicos de robótica. Isto prova ser uma ferramenta útil para a aprendizagem, pois não só possibilita ao aluno o contato com as novas tecnologias, como fomenta o desenvolvimento mental do mesmo criando interesse pelas áreas de novas tecnologias e raciocínio lógico.

Dentre os kits educacionais, o kit LEGO MINDSTORMS 8527 e 8547 NXT[®], que compreende peças de encaixar, três motores DC e quatro sensores fornece aos usuários uma boa flexibilidade para construção de sistemas multicorpos, através de peças bem planejadas e uma linguagem de programação gráfica a um custo em torno de R\$ 2.500,00.

Assim, neste trabalho são apresentados a relação entre o kit da Lego e a Robótica e o problema do labirinto. Após é apresentado o robô desenvolvido e os testes experimentais.

Lego Mindstorms e Robótica

O nome MINDSTORMS[®] foi inspirado no título do livro MindStorms: Children, Computers, and Powerfull Ideas escrito por Seymour Papert, que foi um dos fundadores do M.I.T (Oliveira et al., 2008). A primeira versão LEGO MINDSTORMS[®] foi lançada em 1998 e era conhecida por Robot Invention System (RIS), a versão atual chama-se MINDSTORMS NXT[®] (sucessora do MINDSTORMS RCX[®]) e foi lançada em 2006 (Oliveira et al., 2008).

Os robôs construídos com o LEGO MINDSTORMS[®] podem ser usados para fins educacionais como, por exemplo, introdução à robótica, automação, física, programação, inteligência artificial, cinemática, dinâmica, dinâmica das máquinas, etc.

O kit robótico da LEGO MINDSTORMS NXT[®], utilizado neste trabalho, é composto por: um controlador lógico programável (CLP) com microprocessador de 32-bits com conexão USB 2.0 e Bluetooth possuindo 4 portas de entrada e 3 portas de saída; conjunto de peças LEGO TECHNIC[®] para construção mecânica; 3 servomotores de rotação contínua (com resolução de 1°); um sensor de toque; um sensor ultra-sônico; um sensor de som e um sensor de luz ou de cor, Fig. 1. Outros sensores podem ser adquiridos separadamente do kit como: acelerômetro, sensor bússola, sensor de rotação, etc. Este kit possui também um software programável, com linguagem de programação gráfica, que utiliza a plataforma do software LabView[®]. A interface gráfica tem menus intuitivos que levam em consideração a linguagem de programação básica até a possibilidade de uso de variáveis, implementação de ciclos com as respectivas condições de parada, o uso de valores lógicos, a possibilidade do encadeamento de blocos de código mais simples para obter blocos mais complexos, etc.

Desta forma este aparato pode ser utilizado como ferramenta para o desenvolvimento de protótipos robóticos em curto prazo de execução e com baixo custo.

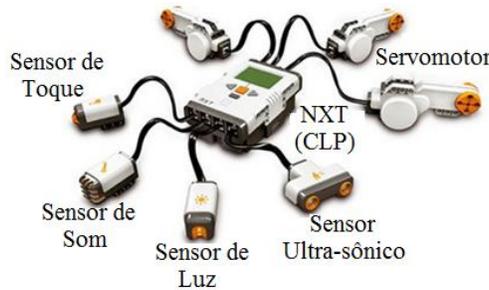


Figura 1 – LEGO Mindstorm.

A Mecatrônica pode ser definida como a integração entre as áreas do conhecimento: mecânica, eletrônica e computação. De acordo com Rosário (2005) a formação em mecatrônica deve ter como base: conceitos básicos e sólidos e o mais abrangentes possível; visão multidisciplinar e sistêmica abrangendo mecânica, eletrônica e informática e aprendizado baseado na experimentação, com vistas a eliminar o fosso existente entre o projeto meramente acadêmico e o mundo real, com suas limitações e compromissos. Desta forma um curso moderno de engenharia mecatrônica deve oferecer aos alunos atividades capazes de desenvolver estas habilidades de projeto no mundo real, de trabalho em equipe multidisciplinar, de comunicação e de gerenciamento de tempo e de atividades (Silva et al., 2009).

Neste caminho a Fig. 2 mostra a relação entre o kit da LEGO Mindstorm e a Mecatrônica. O estudante pode aplicar os conceitos de mecatrônica na construção de robôs móveis, com a construção da parte mecânica utilizando-se do kit de peças da LEGO TECHNIC[®], sensores que permitem a interação com o meio ambiente, programação do robô com inteligência artificial e finalmente um CLP para conectar as partes.

Um robô móvel pode ser definido como um dispositivo mecânico montado sobre uma base não fixa, que age sob o controle de um sistema computacional, equipado com sensores e atuadores que o permitem interagir com o ambiente (Beket, 2005).

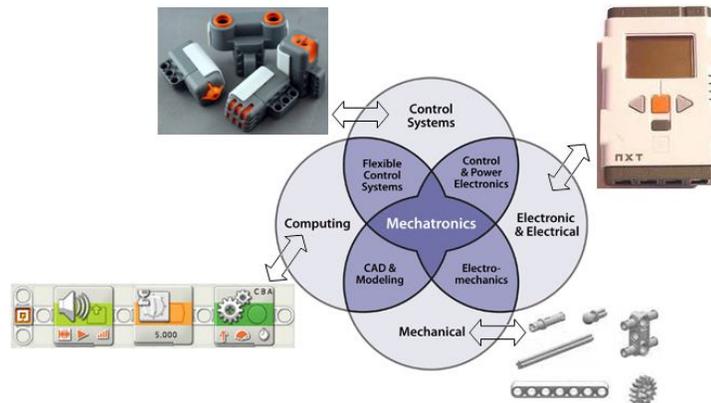


Figura 2 – Relação entre Mecatrônica e o Kit da LEGO Mindstorm.

O Problema do Labirinto

Da mitologia grega, existe a lenda do Minotauro, uma fera com cabeça de touro e corpo de homem que foi aprisionada em um labirinto projetado por Dédalo a mando do Rei Minos, de Tebas. Este labirinto era tão complexo que não permitia a quem entrasse achar a saída. Anualmente, sete jovens e sete donzelas atenienses eram levados em tributo a Tebas para serem oferecidos em sacrifício à fera. Indignado com esta situação, Teseu, filho do rei de Atenas, cujos atos heróicos o precediam, resolveu voluntariar-se como um dos jovens a serem entregues ao Minotauro, com o intuito de matar a fera e assim interromper tais sacrifícios. A lenda apresenta uma solução para sair do labirinto, através da qual Teseu usa um novelo de lã, presente de Ariadne (filha do Rei Minos), para marcar o caminho de saída (Guasco, 2007).

Diversos autores propuseram soluções para o problema do labirinto utilizando-se como base os kits da Lego. Melendez et al. (2008) utilizaram a plataforma do kit Lego para utilizar o controle reativo utilizando-se da lógica difusa para realizar a programação do robô, mas o programa desenvolvido era muito pesado para ser processado diretamente no CLP da Lego, então utilizaram transferência via Bluetooth com o robô para repassar as tarefas a serem realizadas. Granemann et al. (2005) desenvolveram um robô com dois sensores de toque para identificação de colisões frontais e laterais na versão Lego RCX mas não são apresentados resultados experimentais e o fluxograma para resolução do problema. Silva et al. (2004) desenvolveram dois robôs para encontrar a saída do labirinto utilizando dois sensores de toque na versão RCX, mas os robôs nem sempre conseguem sair do labirinto. Maia et al. (2008) aplicou o kit Lego Mindstorms na disciplina de Linguagem de Programação e Engenharia de Softwares para motivar os alunos na solução do problema do labirinto. Neste caso foi utilizado um labirinto formado por linhas pretas e o robô utilizava sensor de luz para percorrer o caminho do labirinto e a identificação do cruzamento das paredes era realizada por uma tonalidade de cinza. Putten (2006) também desenvolveu um robô para seguir um labirinto formado por linhas pretas e cruzamentos em escala de cinza. Neste trabalho foi discutida a utilização de um a três sensores de luz para a resolução do problema do labirinto. Foi demonstrado que a utilização de um e dois sensores de luz possibilitam a resolução do problema do labirinto, apresentando problemas na realização de curvas, que pode ser otimizado com a utilização de três sensores.

Desta forma, este trabalho apresenta o desenvolvimento de um robô labirinto diferente dos apresentados, pois este não acompanha uma linha preta para realizar a saída do labirinto e também não realiza contato com as paredes para encontrar a saída e irá utilizar somente peças dos kits da Lego Mindstorm, o software de programação fornecido, de formato autônomo sem comunicação externa.

A idéia por trás do algoritmo para solucionar o problema baseou-se numa variação da regra da mão direita. A regra da mão direita (esquerda) afirma que para sair de um labirinto fechado e escuro uma pessoa poderia colocar a mão direita ou esquerda em contato com a superfície das paredes verticais e, mantendo a mão escolhida sempre em contato com a superfície, ao final desta encontraria a saída.

Robô Desenvolvido com o Kit Mindstorm

Em função da estratégia de movimentação e somente com as peças disponíveis nos kits da LEGO Mindstorm 8527 e 8547 NXT foi desenvolvido um robô autônomo para entrar e encontrar a saída de um labirinto genérico. Para a movimentação do robô foram utilizados dois servomotores, Fig. 3.

Estes servomotores têm com função movimentar o robô e permitir a modificação da trajetória percorrendo o labirinto.

Para o robô girar de uma determinada quantidade de ângulos é necessário levar em consideração o diâmetro da roda e a distância entre os centros das rodas. Desta forma para o robô girar de um determinado ângulo pode-se calcular a quantidade de rotações necessárias do movimento do motor por:

$$\text{duração} = \frac{d}{d_r} \quad (1)$$

Onde a distância, d , é calculada por:

$$d = \frac{\pi d_e}{2} \quad (2)$$

Sendo d_e a distância entre os centros das duas rodas e d_r , o diâmetro da roda.

Esta quantidade de rotações pode ser convertida em graus facilmente, pois uma rotação completa corresponde a 360°.

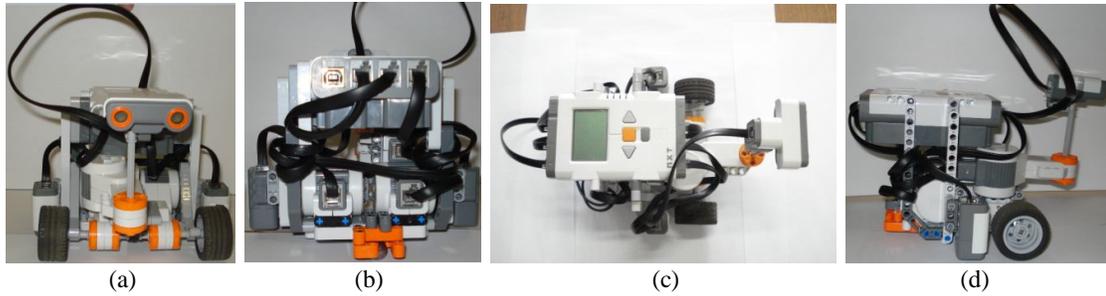


Figura 3 – Robô Labirinto. (a) Vista Frontal; (b) Vista traseira; (c) Vista de topo; (d) Vista lateral.

Para detecção das paredes e permitir o acompanhamento de uma determinada parede, por exemplo, acompanhar a parede direita aplicando-se a estratégia da regra da mão direita, foi utilizado um sensor ultra-sônico acoplado a um servomotor, que permitia a identificação de paredes laterais e a frente a partir de giros de 90° , Fig. 4.

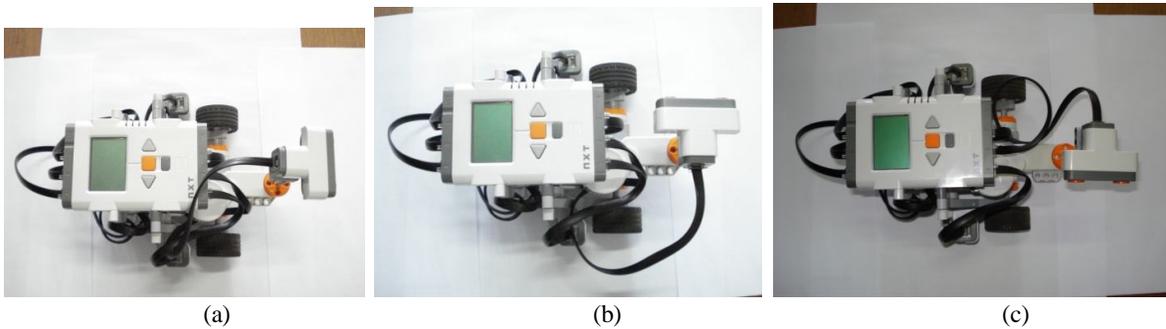


Figura 4 – Sensor ultra-sônico.

O primeiro protótipo foi montado utilizando-se somente o sensor ultra-sônico, mas durante a realização dos testes experimentais foi verificado que quando ordenado um giro de 90° ou de 180° o robô não atingia o giro necessário, mesmo com a utilização das Eqs. (1) e (2). Isto se deve ao fato do deslizamento da roda com a superfície, devido ao atrito da roda com o piso e a possibilidade de falta de sincronismo entre os motores seja devido ao giro ou velocidade. Com o caminhar no labirinto estes erros de giros acumulam inviabilizando a aplicação do robô. Benitez et al. (2008) mostraram que, na versão RCX (anterior ao NXT) existe uma instabilidade na construção dos motores e não é possível garantir que o robô se locomoverá corretamente ao longo de um caminho pois existem diferenças de rotação e/ou velocidade entre os dois motores. Para solucionar este problema os autores desenvolveram um algoritmo para calibrar os motores RCX a partir de dados de um sensor de rotação, mas mesmo com a correção do caminho os sensores podem acumular erros (Pasqualin, 2009).

Neste trabalho foi verificado também o problema de sincronismo entre os servomotores do NXT.

A solução adotada, em função das peças disponíveis foi a utilização de um labirinto estruturado com fitas negras em que as paredes do labirinto eram montadas, formando uma matriz 4×4 (16 quadrados).

Com a utilização das fitas, no robô foi acrescentado dois sensores de cor, Fig. 3, para a cada vez que o robô passar pela fita fosse realizado o alinhamento deste, e após a parada do robô no centro do quadrado aplicada a metodologia de identificação das paredes, Fig. 4.

Na Figura 5 está representado o fluxograma implementado para resolução do problema do labirinto. Onde D=Direita; E=Esquerda e F=Frente e p é a distância de detecção do sensor ultra-sônico.

Testes Experimentais

A Figura 6 mostra os labirintos utilizados nos testes experimentais. Para todos os labirintos da Fig. 6 o robô obteve sucesso para encontrar a saída. Em todos os casos foram invertidas as entradas e saídas como representado na Fig. 6(e-f), desta forma foram realizados 12 testes experimentais.

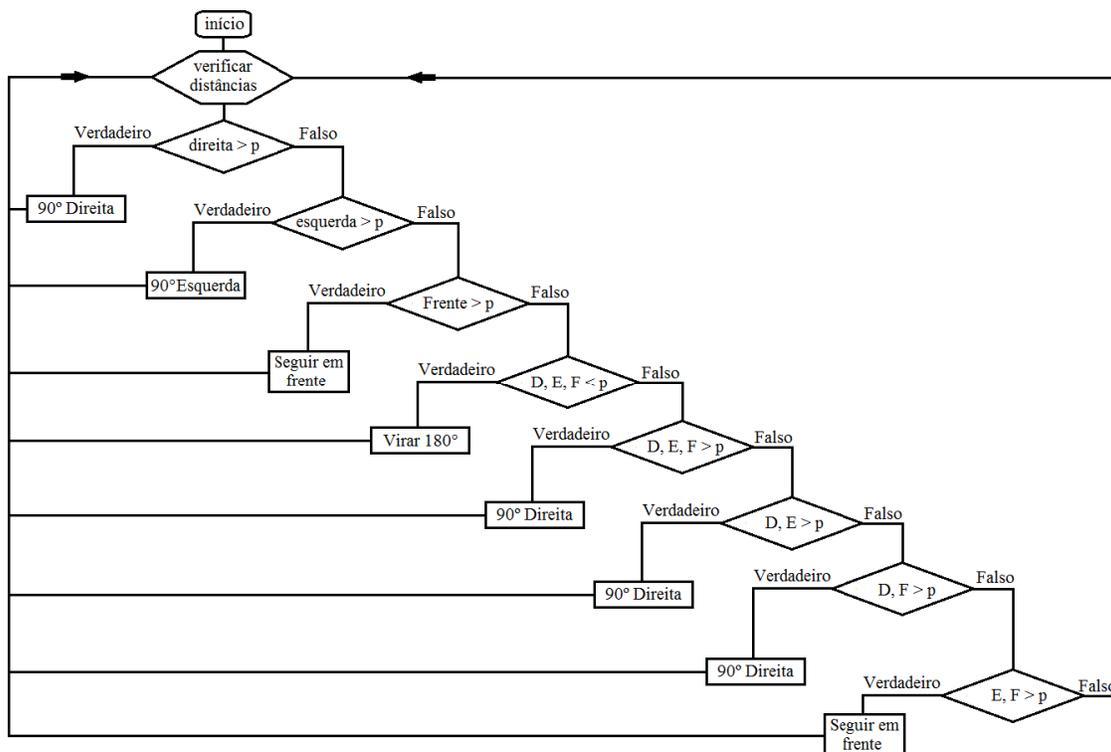


Figura 5 – Fluxograma utilizado para resolver o problema do labirinto.

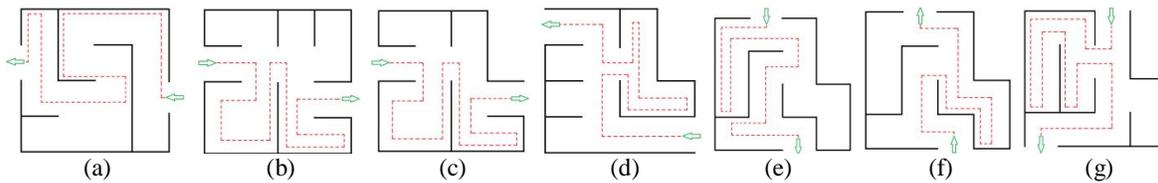


Figura 6 – Esquemas dos Labirintos utilizados.

A Figura 7 mostra partes do vídeo capturadas para o Labirinto da Fig. 6(a).

Conclusões

Apesar de ser um problema já resolvido por diversos autores, este trabalho propôs a utilização do kit educacional da Lego Mindstorm para resolver este problema sem seguir uma linha e sem contato com as paredes do labirinto e com a programação embarcada no CLP isto é totalmente autônomo.

Verificou-se a impossibilidade de resolver este problema somente com a utilização do sensor ultrassônico, e o software presente no kit, sendo necessária a utilização de um labirinto estruturado com fitas para permitir com sensores de cor o correto alinhamento do robô desenvolvido, sem o contato do robô com as paredes.

O robô desenvolvido com sua programação conseguiu com sucesso encontrar a saída de todos os labirintos utilizados.

Destaca-se a limitação dos sensores presentes no kit para aplicações mais complexas em pesquisas de graduação e pós-graduação. Com a aquisição de sensores de rotação, sensor bússola e acelerômetros os problemas descritos neste trabalho poderão ser solucionados em trabalhos futuros.

Posteriormente serão aplicadas técnicas de inteligência artificial para o robô encontrar o caminho mais curto.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Universidade Federal de Uberlândia (UFU), a Faculdade de Engenharia Mecânica (FEMEC) e a Fundação de Amparo a Pesquisa de Minas Gerais-FAPEMIG pelo apoio financeiro.

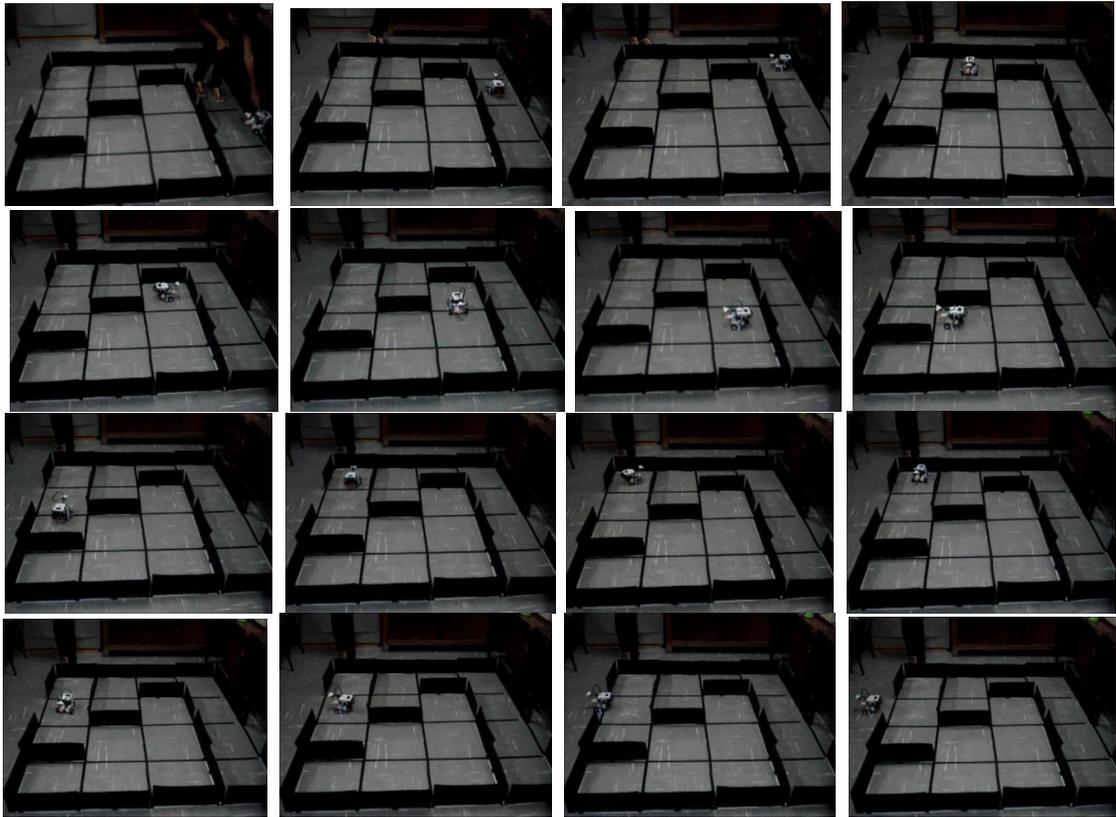


Figura 7 – Teste experimental com o labirinto da Fig. 6(a).

Referências Bibliográficas

- Beket, G. A. (2005). *Autonomous Robots: From Biological Inspiration to Implementation and Control*. Cambridge, USA : The MIT Press, 2005.
- Benitez, A., Moreno, C. J., Vallejo, D. (2008). Localization Control for LEGO Robot's Navigation. In: 18th International Conference on Electronics, Communications and Computers, Mexico.
- Figueira, O. R. G., 2008, "Droide M.L.P. Potencializando a Plataforma", Universidade da Madeira – Portugal.
- Granemann, T. E. D., Schlup, V., Dazzi, R. L. S., Fernandes, A. M. R. (2005). Usando Kit LEGO no Ensino de Programação. Encontro Paranaense de Computação, Cascavel PR.
- Guasco, L. (2007). *Teseu e o Minotauro*, Ed. Scipione.
- Maia, L. D. O., da Silva, V. J, Rosa, R. E. V. de S., de Lucena Junior, V. F., Queiroz Neto, J. P. (2008). A Robótica como Ambiente de Programação Utilizando o Kit Lego Mindstorms. Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação.
- Melendez, A., Castillo, O., Soria, J. (2008). Reactive control of a mobile robot in a distributed environment using fuzzy logic. In: Fuzzy Information Processing Society, New York City, USA.
- Oliveira, T. C. Gonçalves, N. M. A. Ribeiro, J. M. F. Exploração da plataforma de programação IeJOS para robôs Lego MindStorms: Uma abordagem à Robótica Evolucionária, Universidade do Minho – Portugal, 2008.
- Pasqualin, D. P. (2009). Tratamento de Falhas em Robô Lego Mindstorms com Arquitetura Reativa. Trabalho Final de Graduação do Curso de Sistemas de Informação, Centro Universitário Franciscano.
- Putten, B. J. S. (2006). Design of a maze solving robot using Lego Mindstorms. Bachelor final project. Eindhoven University of Technology.
- Rosário, J. M., 2005, *Princípios de mecatrônica*. São Paulo: Pearson.
- Silva, R. C. B., Andrade M., Alencar, M., Pimental, A., Durão, F., Assunção, L., Macedo, L. D. (2004). Robótica: Construção e análise do comportamento de robôs móveis aplicados na solução do problema do labirinto.
- Silva, S. T., [Azevedo](#), A. A. R. S., Burlamaqui, A. M. F., Barros, R. P., [Gonçalves, Luiz M. G.](#), Silva, Alzira F, 2009, "Roboeduc: A Pedagogical Tool to Support Educational Robotics". In: *Frontiers in Education 2009*, San Antonio, Texas. Proceedings of the Frontiers in Education.