

# LUDEbot: Uma plataforma com servomotores e sensoramento utilizando a placa Arduino e controle externo

Luiza B. Pin<sup>1</sup>, Débora F. de Oliveira<sup>1</sup>, Eduardo M. A. Amaral<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (IFES)  
Rodovia ES 010, Km 6.5, Manguinhos – 29173-084 – Serra – ES – Brazil  
{luizapin,oliverdebora1}@hotmail.com, eduardomax@ifes.edu.br

**Abstract.** *The educational robotics has become a great ally in the teaching of programming. This paper presents an open architecture robotic kit and low cost, built on the Arduino platform and servomotors. It also presents a computing environment based on free software that allows learners to program the robot simple tasks, stimulating teaching-learning process. The results demonstrated that the proposed robotic platform is feasible and provides the development of new algorithms, even more complex than those in this work.*

**Resumo.** *A robótica educacional tem se tornado uma grande aliada no ensino de programação. Este artigo apresenta um kit robótico de arquitetura aberta e de baixo custo, construído a partir da plataforma Arduino e servomotores. Também apresenta um ambiente computacional baseado em softwares livres que permite que os aprendizes programem tarefas simples no robô, estimulando o processo ensino-aprendizagem. Os resultados demonstraram que a plataforma robótica proposta é viável e pode ser utilizada no desenvolvimento de novos algoritmos, até mesmo mais complexos do que os desenvolvidos neste trabalho.*

**Palavras-chave.** *robótica educacional, arduino, software livre*

## 1. Introdução

Há muitos anos que os seres humanos vêm procurando soluções para problemas do cotidiano e que não podem ser resolvidos presencialmente. Para isso, é cada vez maior a demanda por robôs móveis, em especial os autônomos, para que estes possam realizar tais tarefas. A utilização de robôs no que diz respeito a esse tipo de trabalho possui três vantagens principais, que são: melhoria na qualidade do trabalho, aumento de produtividade e redução de acidentes envolvendo humanos [Botelho 1996].

Para que seja desenvolvido um robô móvel com certa autonomia são necessários conhecimentos básicos em raciocínio automatizado, percepção e controle, surgindo vários problemas importantes (por exemplo, como criar uma trajetória, como desviar de obstáculos, entre outros). Estes dispositivos móveis, para que se tornem devidamente autônomos, necessitam de sensores capazes de “perceber” e “sentir” o ambiente ao seu redor para que ele possa agir de acordo com o contexto no qual está inserido [Righes 2004].

Segundo [Heinen 2002], dentro das inúmeras áreas de pesquisa em autonomia robótica, existem pontos que são fundamentais como: manutenção da localização do robô, planejamento de trajetória e navegação.

O uso da robótica como instrumento no processo de ensino-aprendizagem provou ser uma forte aliada no processo de aquisição do conhecimento, pois possibilita estimular o pré-projeto, a engenharia e habilidades em computação, caracterizando a atividade robótica como interdisciplinar sendo, por isso, altamente relevante para o currículo escolar [Zilli 2004].

De acordo com [César e Bonilla 2007], é denominado Robótica Pedagógica ou Robótica Educacional o ambiente de aprendizagem onde professores e alunos planejam, discutem e executam montagem, automação e controle de dispositivos mecânicos que podem ser controlados pelo computador.

Para que haja a prática da robótica educacional são utilizados kits didáticos para robótica. Dentre esses kits, alguns são distribuídos comercialmente de uma forma fixa podendo ser mudada apenas a lógica de controle (como, por exemplo, os produzidos pela LEGO®). Estes kits possuem a desvantagem de não permitirem modificações no hardware de modo que possa haver a possibilidade de se adicionar novas funcionalidades, além de serem caros, o que dificulta sua aquisição por parte das escolas.

Porém, existe uma outra categoria cujas peças são vendidas separadamente, contendo a possibilidade de montá-las juntamente com sensores e atuadores que são ligados a um bloco principal (como, por exemplo, a placa Arduino) no qual é gravada a lógica de controle de modo a possibilitar a montagem do modelo robótico desejado e mais personalizado. Arduino é uma placa eletrônica de hardware livre, projetada com um microcontrolador e com suporte a entrada e saída de dados.

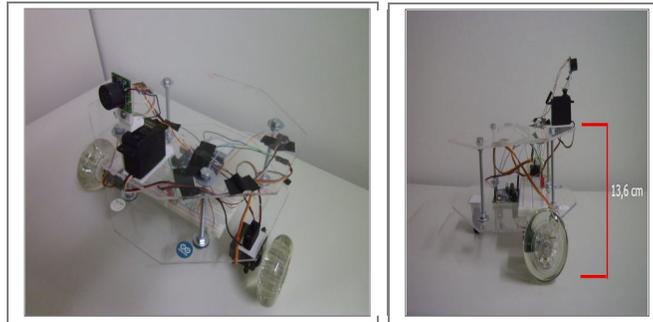
Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi o desenvolvimento de uma estrutura móvel, equipada com uma placa Arduino e um controlador externo utilizados como plataforma de desenvolvimento de algoritmos. Especificamente, neste projeto, foi criado um robô autônomo que desvia de obstáculos, chamado LUDEbot, utilizando-se de componentes de baixo custo. Esse veículo, movido por servomotores, se desloca sobre uma superfície plana e tem sua trajetória controlada pelo computador. Uma interface de hardware converte em efeito todas as informações contidas em um programa escrito em C/C++. O objetivo principal é contribuir no estudo de novas ferramentas tecnológicas acessíveis à realidade das escolas brasileiras. Essas ferramentas podem contribuir em muito em situações de ensino-aprendizagem, não só em programação, mas também em outras áreas.

## **2. O robô móvel**

Neste projeto foi utilizada uma plataforma octogonal sobre três rodas, sendo duas delas motrizes e a terceira de apoio. O robô tende a vagar num plano, evitando obstáculos, e por isso foi necessário escolher dimensões, tipo de sensor, posicionamento do sensor e estratégia de controle.

A estrutura física do LUDEbot consiste em duas placas de acrílico no formato octogonal com 13,6 cm de altura e 11,0 cm de lado. O tamanho escolhido foi o suficiente para que fosse possível apoiar o controlador externo na placa superior (neste

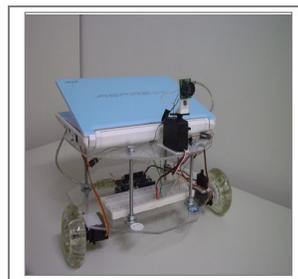
caso, um netbook), além do servomotor utilizado para movimentar o sensor. Em seu andar inferior foram adicionados dois servomotores utilizados para as rodas, além de uma protoboard e a placa Arduino Uno. Foram utilizadas três rodas sendo duas rodas acopladas aos servomotores e uma roda para apoio. Sua estrutura ficou organizada, ainda sem o controlador externo, conforme a Figura 1.



**Figura 1. Estrutura física do LUDEbot**

O controlador externo escolhido foi um netbook com a seguinte configuração: processador de 1 GHz, 2 GB de memória RAM e 300 GB de disco rígido. Utiliza-se do sistema operacional Windows 7, além do software da placa Arduino e do software Processing, baseados na linguagem de programação C/C++, que serão apresentados mais à frente no trabalho. A Figura 2 mostra a estrutura após a inserção do netbook. Além do aumento de processamento através do controlador externo, a bateria do netbook foi utilizada como fonte de energia, alimentando os demais componentes. Falhas na alimentação do sensor podem inserir erros de leitura. De acordo com [Thrun et al. 2005], os sensores estão sujeitos a ruído, o que perturba as medições do sensor de forma imprevisível e, portanto, limita a informação que pode ser extraída a partir de medições do sensor. A utilização da bateria do próprio dispositivo móvel minimizou esse problema.

Logicamente, o controlador externo pode ser suprimido, embarcando todo o código de controle na própria placa microcontrolada, reduzindo o custo do projeto. Ou, o controlador pode ser substituído por dispositivos mais baratos como tablets e celulares com sistema Android. Como dito anteriormente, o intuito de ter um controlador externo foi para aumentar o poder de processamento, dando a possibilidade de desenvolver algoritmos de controle mais complexos.



**Figura 2. Estrutura física com controle externo**

### 3. Arquitetura Física

A arquitetura física define como as estruturas físicas serão interligadas. Essa arquitetura pode ser observada na Figura 3.

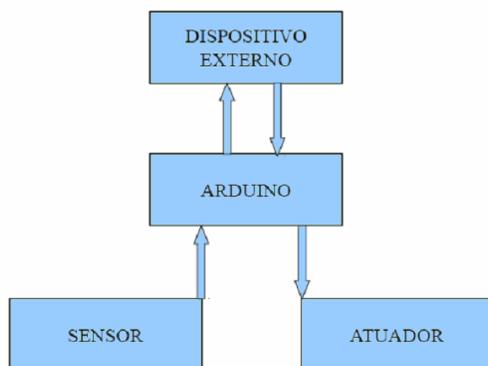


Figura 3. Arquitetura física

O Arduino foi a placa microcontroladora utilizada no projeto. Ele faz parte do conceito de hardware e software livre e está aberto para uso e contribuição de toda sociedade. É uma plataforma de computação física (são sistemas digitais ligados a sensores e atuadores, que permitem construir sistemas que percebam a realidade e respondem com ações físicas), baseada em uma simples placa de Entrada/Saída microcontrolada e desenvolvida sobre uma biblioteca que simplifica a escrita da programação em C/C++ [Arduino 2012].

O sensor utilizado foi o LV-MaxSonar®-EZ1™. Além do baixo custo, esse tipo de sensor é muito usado em diversas aplicações, principalmente em robótica, como em [Medeiros, Buonocore e Nascimento 2010], [Monteiro e Ribeiro 2002], [Jorg, Berg e Muller 1998] e [Santos, Nascimento e Barbosa 2008]. Alimentado com 2.5V a 5.5V ele permite a detecção de obstáculos. Podem ser detectados objetos entre 0 e 254 polegadas (6.45 metros), permitindo a medição da distância entre 6 e 254 polegadas com uma resolução de 1 polegada. Objetos entre 0 e 6 polegadas são medidos como 6 polegadas. Os sinais de saída são: largura de pulso, voltagem analógica e saída serial digital.

Este tipo de sensor é muito usado em diversas aplicações e o seu funcionamento básico é mostrado na Figura 4.

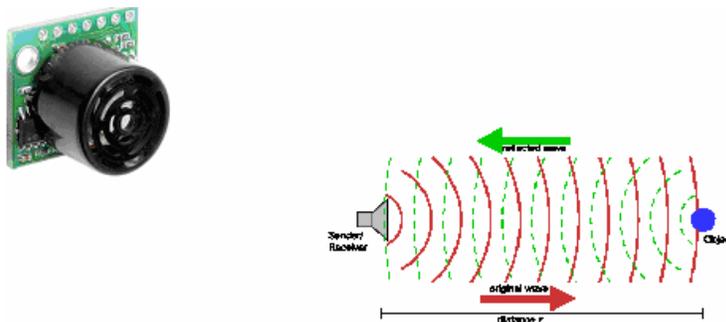


Figura 4. Imagem do SONAR escolhido e o seu funcionamento básico

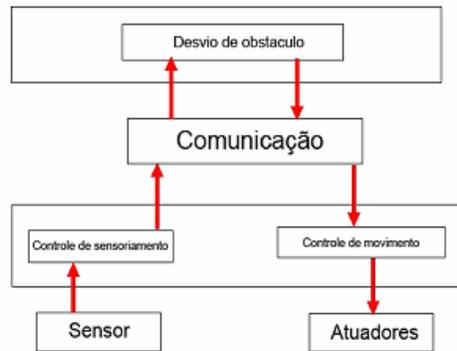
Na movimentação das rodas e locomoção da plataforma octogonal pelo ambiente utilizou-se servomotores, conforme Figura 5. Servomotores (atuadores) são muito utilizados em robôs móveis, por conta de sua grande eficiência na conversão de energia e tamanho compacto. O acionamento de atuadores pode, em certos equipamentos, não se restringir apenas ao controle do deslocamento do veículo, podendo também ser usado para acionar outras partes do robô, como por exemplo, um braço robótico, ou mesmo ser usado para provocar ações sobre o ambiente, ou melhor posicionar um de seus sensores [Jung et al. 2005]. Neste trabalho, um servomotor foi utilizado no movimento do sensor sonar com o intuito de ampliar sua função de detecção.



**Figura 5. Servomotor e sua estrutura interna**

#### **4. Arquitetura do Sistema**

Abaixo (Figura 6), pode-se ver um diagrama onde está representada a arquitetura do sistema e como o LUDEbot funciona de forma teórica.

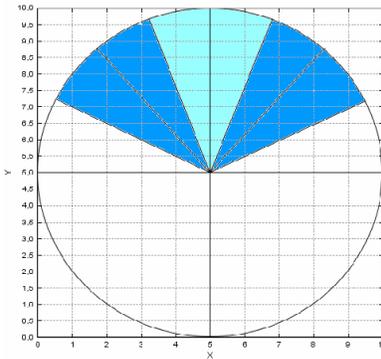


**Figura 6. Arquitetura do Sistema**

No controle de sensoriamento foram criados algoritmos de leitura do sonar com a finalidade de detectar obstáculos, e algoritmos de movimentação do servomotor (atuador) ligado diretamente ao sonar, possibilitando uma varredura do ambiente frontal ao robô. Foram criados movimentos de rotação à frente, rotação à esquerda e rotação à direita.

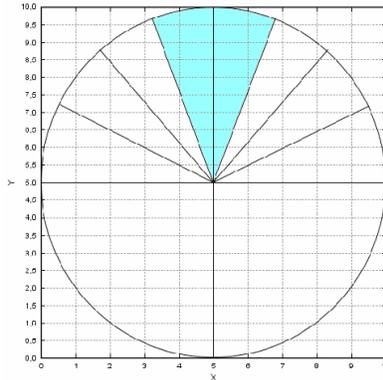
Optou-se por um aumento no ângulo de sensoriamento do sonar, através da rotação do servomotor, reduzindo o risco de impacto em obstáculos, conforme Figura 7.

Sendo assim, foram criados dois sensoriamentos adicionais chamados “Olhar Direita” e “Olhar Esquerda”, além do “Olhar Frente” (o único sensoriamento inicial).



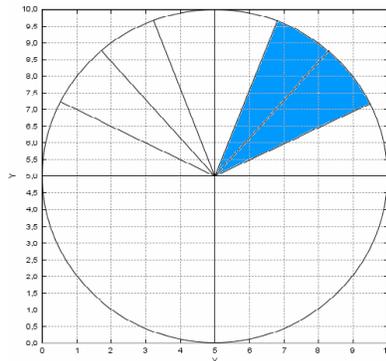
**Figura 7. Sensoriamento total**

No Olhar Frente, ocorrem possíveis detecções do sensor a 90 graus. A Figura 8 demonstra o posicionamento do servomotor à frente de forma que o sonar possa “visualizar” um obstáculo frontal.



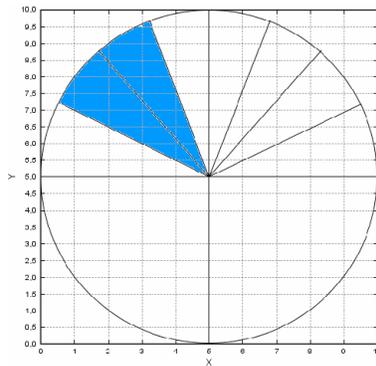
**Figura 8. Olhar Frente**

Olhar Direita: detecção do sensor a 50 graus. Posicionamento do servomotor à direita para uma melhor “visualização” lateral, conforme Figura 9.



**Figura 9. Olhar Direita**

Olhar Esquerda: Detecção do sensor posicionado a 130 graus. Posicionamento do servomotor à esquerda para uma melhor “visualização” lateral (Figura 10).



**Figura 10. Olhar Esquerda**

No controle de movimento foram criados algoritmos de movimentação das rodas e locomoção da plataforma octogonal pelo ambiente. Foram criados os movimentos “Frente”, “Ré”, “Rotação 90° Direita”, “Rotação 90° Esquerda”.

Na Comunicação, conforme dito anteriormente, foi necessário um controlador externo para que ele pudesse atuar juntamente com a placa Arduino. Criou-se, então, uma comunicação entre eles com o uso do Processing. Este ambiente de código aberto é utilizado por designers, programadores, pesquisadores, entre outros para finalizações de trabalhos profissionais. Uma de suas vantagens é poder ter um conceito visual do que se está programando. Sua IDE de programação é demonstrada na Figura 11. O Processing é disponibilizado para diversos sistemas operacionais, incluindo Windows e Linux, e já possui uma biblioteca de comunicação com o Arduino [Processing 2012].

```

int olhar = 5;
int i = 10;

void setup() {
  Serial.begin(9600); // set serial output rate
}

void Enviar_Dados (int x, int val){
  Serial.print(x);
  Serial.print("-");
  Serial.print(val);
  Serial.println();
  i = i + 1;
  delay (500);
}

```

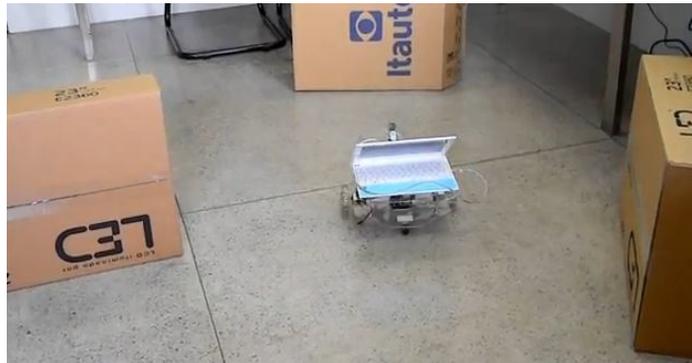
**Figura 11. IDE de programação do Processing**

Foi definido um protocolo para a comunicação, com o sinal sendo recebido pela porta serial. O Arduino envia ao controlador externo uma string contendo a distância e posição do sensor (Olhar Direita, Olhar Frente ou Olhar Esquerda). Já no caminho

inverso, o Arduino recebe, pela porta serial, uma string contendo a decisão de desvio (Frente, Ré, Rotação 90° Direita, Rotação 90° Esquerda).

## 5. Experimentos e Resultados

Para avaliar o modelo proposto, foram feitos testes no laboratório, em ambiente controlado e com obstáculos colocados artificialmente (Figura 12).



**Figura 12. Ambiente de teste controlado**

No ambiente controlado, foi imposto uma trilha por onde a plataforma deveria seguir e desviar dos obstáculos ali presentes. Foram utilizados, basicamente, objetos do tipo prisma retangular de tamanho médio (60x40x15 cm). A plataforma realizou o teste percorrendo o trajeto proposto em aproximadamente 60 segundos e sem colidir com nenhum dos obstáculos.

Testes em ambiente externo e não controlado também foram executados, conforme Figura 13, inclusive com obstáculos móveis, mas em menor número.

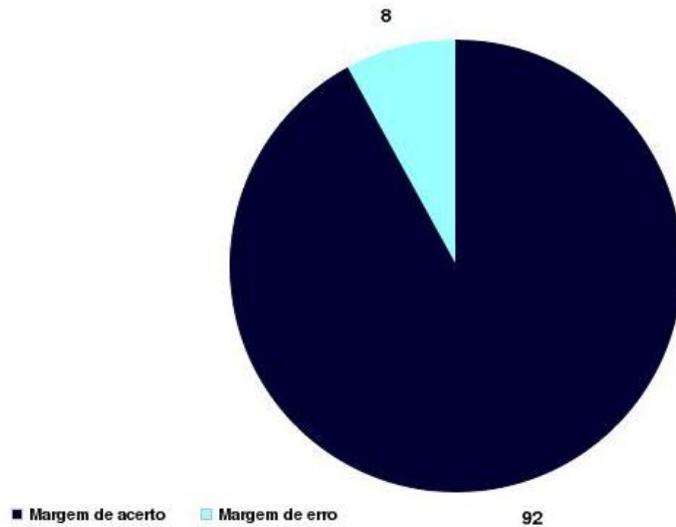


**Figura 13. Ambiente de teste não controlado**

Em relação ao ambiente não controlado, LUDEbot percorreu os corredores da instituição e como obstáculos, voluntários se punham a sua frente para que ele pudesse desviar dos mesmos.

Os testes realizados, tanto em laboratório quanto em ambiente externo, a plataforma móvel se comportou de maneira estável em relação aos movimentos e a detecção de obstáculos. O conjunto proposto neste trabalho foi capaz de desenvolver várias funcionalidades apresentadas no conjunto de robótica LEGO® Mindstorms.

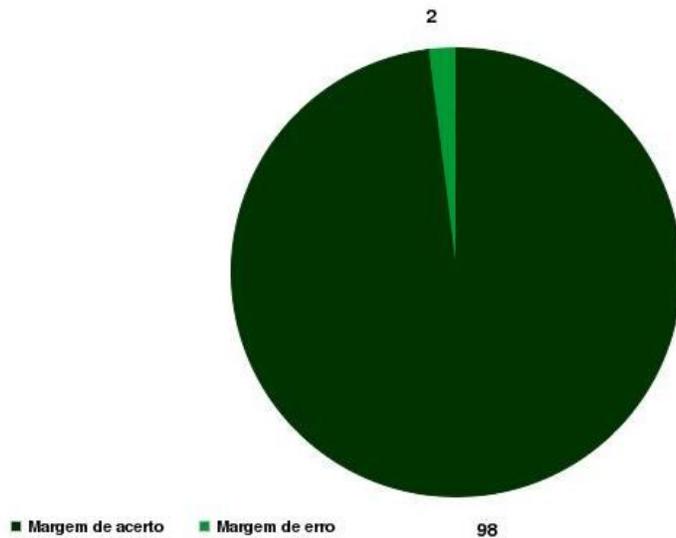
Foram realizados cinquenta testes em laboratório que incluíram calibração dos atuadores, percepção do sensor e comunicação do Arduino (sensor e atuadores) com o controlador externo.



**Gráfico 1. Porcentagem dos resultados dos testes com sensor SONAR**

Dos cinquenta testes realizados, existiram 4 (quatro) erros com relação ao sensor sendo todos eles relacionados a detecção de obstáculos inexistentes, totalizando 92% de acerto e 8% de erro (Gráfico 1).

A maior parte dos erros estavam relacionadas ao sensoriamento de ruídos e falta de energia da plataforma.



**Gráfico 2. Porcentagem dos resultados dos testes com atuadores**

Nestes mesmos cinquenta testes, os atuadores apresentaram 1 (um) erro, sendo estes erro relacionado a falha na comunicação com o sensor (o atuador desviava para o

lado contrário da detecção do sensor), totalizando 98% de acerto e 2% de erro, conforme Gráfico 2.

A integração da placa Arduino, do veículo, do controlador externo e do software se deu de forma não muito complexa e trabalhosa. As maiores dificuldades encontradas foram na montagem das rodas e ao lidar com o sensor, pois o sonar é um sensor bastante ruidoso. Ao montar as rodas, os cuidados devem ser no acoplamento com o servomotores para que elas não se soltem e nem girem de forma instável, pois isso pode acarretar um movimento não preciso do robô. Neste trabalho, optou-se por colar a roda diretamente ao eixo do servomotor.

Com relação ao sensor, os cuidados devem ser principalmente na conexão dos fios, já que ligações ruins geram ruídos. Além disso, [Thrun et al. 2005] já havia verificado que, ruídos podem perturbar as medições do sensor de forma imprevisível, como por exemplo, o sensor pode apresentar erros de leitura por falha de bateria. Para garantir uma boa leitura e com precisão aceitável, optou-se por fazer mais de uma leitura por ponto. Em cada ângulo de parada do servomotor, responsável em girar o sensor, o sonar executa três leituras e o algoritmo embarcado na placa Arduino calcula a média das leituras. Os resultados mostram desempenho superior e satisfatório comparando-se com o uso apenas de uma leitura.

## **6. Conclusões e Trabalhos Futuros**

Embora neste trabalho apenas tenha sido desenvolvida uma única aplicação prática, foi possível comprovar que a plataforma é viável, e que se comportou de forma estável. Sendo assim, a solução proposta se mostrou um bom caminho para a construção de veículos robóticos autônomos a serem utilizados em robótica educacional.

O projeto desenvolvido na realização deste estudo permitiu a utilização de uma ferramenta tecnológica moderna, que é a robótica. Além disso, deixou a possibilidade de se acrescentar várias outras funcionalidades ao robô, aprimorando o seu funcionamento e exercitando a criatividade e os conhecimentos de robótica.

A robótica educacional no ambiente acadêmico ajuda a desenvolver o pensamento crítico dos alunos, provendo habilidades para solucionar os problemas do cotidiano. Com a plataforma robótica LUDEbot foi possível contribuir na aprendizagem de linguagens de programação e eletrônica básica.

O custo total do projeto não atingiu um quarto do custo de aquisição de um kit LEGO® Mindstorms, atingindo o objetivo que era de construir uma plataforma com valores acessíveis à realidade da maioria das escolas brasileiras, e ainda, dando a possibilidade de ser totalmente escalável, podendo assim, aumentar gradativamente o poder de processamento do robô.

Trabalhos futuros podem ser executados na melhoria da plataforma. Pode se propor uma melhor implementação da comunicação entre Arduino e os dispositivos externos (protocolo), melhorias físicas de locomoção e sensoriamento, melhorias nos códigos de movimento, criando novos movimentos, e de sensoriamento, aumentando a confiabilidade. Outras melhorias no código de controle também podem ser feitas, dando mais inteligência e autonomia ao robô, além da possibilidade de criação de mapas em tempo real do ambiente navegado e implementação de técnicas de inteligência artificial.

## Referências

- Arduino. (2012) “Language Reference”. Disponível em: <http://arduino.cc/en/Reference/HomePage>. Acesso em: fevereiro de 2012.
- Botelho, S.C. (1996) “Desenvolvimento de sistemas inteligentes para controle de robôs móveis”. CPGCC da UFRGS. Porto Alegre, 1996.
- César, D. R. e Bonilla, M. H. S. (2007) “Robótica Livre: Implementação de um Ambiente Dinâmico de Robótica Pedagógica com Soluções Tecnológicas Livres no Cet CEFET em Itabirito - Minas Gerais – Brasil”. XIII Workshop sobre Informática na Escola. XXVII Congresso da SBC. Rio de Janeiro, RJ. 2007.
- Heinen, F. J. (2002) “Sistema de controle híbrido para robôs móveis autônomos”. Dissertação de Mestrado em Computação Aplicada. Unisinos/PIPCA, São Leopoldo RS, 2002.
- Jorg, K. W., Berg, M. e Muller, M. (1998) “Using pseudo-random codes for mobile robot sonar sensing”. 3rd IFAC Symposium on Intelligent Autonomous vehicles. Madrid, Spain. 1998.
- Jung, C. R., Osório, F. S., Kelber, C. R. e Heinen, F. J. (2005) “Computação Embarcada: Projeto e Implementação de Veículos Autônomos Inteligentes”. XXV Congresso da Sociedade Brasileira de Computação. São Leopoldo RS. 2005.
- Medeiros, I. P., Buonocore, L. e Nascimento, C. L. (2010) “Localização de robô móvel baseada em filtro de Kalman Estendido usando um sonar”. XVIII Congresso Brasileiro de Automática. Bonito, MS. 2010.
- Monteiro, S. T. e Ribeiro, C. H. C. (2002) “Obtenção de mapas cognitivos para o robô móvel Magellan Pro”. Disponível em: [http://www-personal.acfr.usyd.edu.au/sildomar/files/Monteiro\\_CBA\\_2002.pdf](http://www-personal.acfr.usyd.edu.au/sildomar/files/Monteiro_CBA_2002.pdf). Acesso em: fevereiro de 2012.
- Processing. (2012) “Language Reference”. Disponível em: <http://www.processing.org/reference/>. Acesso em: fevereiro de 2012.
- Righes, E. M. (2004) “Processamento de imagens para navegação de robôs autônomos”. Trabalho de conclusão de curso. Unisinos. São Leopoldo, RS, 2004.
- Santos, J. L., Nascimento, C. L. e Barbosa, L. F. W. (2008) “Descrição de um arranjo de múltiplos sonares visando combater os problemas intrínsecos deste tipo de sensor”. XVII Congresso Brasileiro de Automática. Juiz de Fora, MG, 2008.
- Thrun, S., Burgard, W. e Fox, D. (2005) “Probabilistic Robotics”. The MIT Press, 2005.
- Zilli, S. R. (2004) “A robótica educacional no ensino fundamental: perspectivas e prática”. Dissertação de Mestrado, UFSC, Florianópolis, SC, 2004.