

DESENVOLVIMENTO DE UM ROBÔ MÓVEL AUTÔNOMO PARA OS ENSINOS TÉCNICO E SUPERIOR

Leonardo Azevedo Scardua – lascardua@ifes.edu.br

Marco Antonio de Souza Leite Cuadros – marcoantonio@ifes.edu.br

Instituto Federal do Espírito Santo – Campus Serra, Coordenadoria de Automação Industrial
Rodovia ES-01 – Km 6,5 – Manguinhos
29164-231 – Serra - ES

Resumo: O PET, plataforma de educação tecnológica, é um robô móvel concebido com o objetivo de difundir a robótica como ferramenta de ensino e pesquisa nos cursos técnicos e superiores das áreas de eletrônica, computação, controle e automação. No estágio atual de desenvolvimento, o PET conta com dois servomotores, quatro sensores de luz visível e dois sensores de infravermelho. Esses dispositivos são acionados por um micro controlador do tipo PIC, que pode se comunicar com um computador PC. Com esses recursos, é possível fazer o robô evitar obstáculos, avaliar a distância em relação a um obstáculo, evitar quedas e seguir linhas desenhadas no chão. Embora haja no mercado robôs móveis de reconhecido valor educacional, justifica-se o desenvolvimento do PET com base no argumento de que o processo de ensino e aprendizado de disciplinas como eletrônica e programação de computadores pode ter resultados melhores, se o aluno puder praticar em um robô móvel os conceitos aprendidos em sala de aula. Nesse artigo, descreve-se a arquitetura do PET e, por meio de aplicações práticas, são mostradas suas funcionalidades.

Palavras-chave: Robô móvel autônomo, Robótica educacional, Inovação tecnológica.

1 INTRODUÇÃO

O termo tecnologia tem origem na junção de duas palavras gregas *techné*, saber fazer, e *logos*, razão. Assim, o significado de tecnologia é saber fazer (Rodrigues, 2001). Com o passar do tempo, a sociedade humana parece depender cada vez mais da tecnologia e se presume que mais ciência produz mais tecnologia que gera mais riqueza e, conseqüentemente, mais bem-estar social (Silveira, 2009). Na história recente, os países que promoveram rápido desenvolvimento tecnológico foram aqueles que investiram em sistemas educacionais voltados para a inovação tecnológica. Países como o Japão e a Coreia do Sul iniciaram a modernização de suas economias, copiando produtos que haviam sido criados na Europa e nos Estados Unidos. Com o tempo, acabaram por criar processos produtivos e tecnologias próprios, que hoje são imitados em vários países. Hoje, assistimos ao surpreendente desenvolvimento tecnológico chinês, que segue caminho parecido ao trilhado por japoneses e sul-coreanos. Talvez possamos fazer o mesmo, em especial na área de produtos educacionais voltados para o ensino de matérias científicas e tecnológicas.

A robótica é área de conhecimento que tem potencial para impactar significativamente no ensino da engenharia e da ciência em todos os níveis (Matarc, 2004). Diferentes trabalhos de robótica foram desenvolvidos no Brasil com o objetivo de estimular o ensino da tecnologia (Mehl *et al.*, 2001; Silva *et al.*, 2006; Passold, 2006). Neste trabalho, são descritas as principais características do PET, um robô móvel construído com o objetivo de facilitar o ensino de disciplinas como eletrônica e controle para alunos de cursos técnicos e de engenharia.

2 A ARQUITETURA DO PET

A arquitetura atual do PET, embora simples, comporta todos os elementos que conformam um robô, que são sensores, processador e atuadores. O PET dispõe de três pares de sensores. Dois pares são formados por sensores de luminosidade e um par é formado por sensores de infravermelho. Os sensores são conectados aos pinos do microcontrolador (PIC 16F877), permitindo que sejam programadas repostas em função dos sinais elétricos que eles emitem. Essas respostas resultam na conjugação de sequências de acionamentos dos três tipos de acionadores que atualmente tem o PET, estes acionadores podem produzir movimentos, sons e luzes.

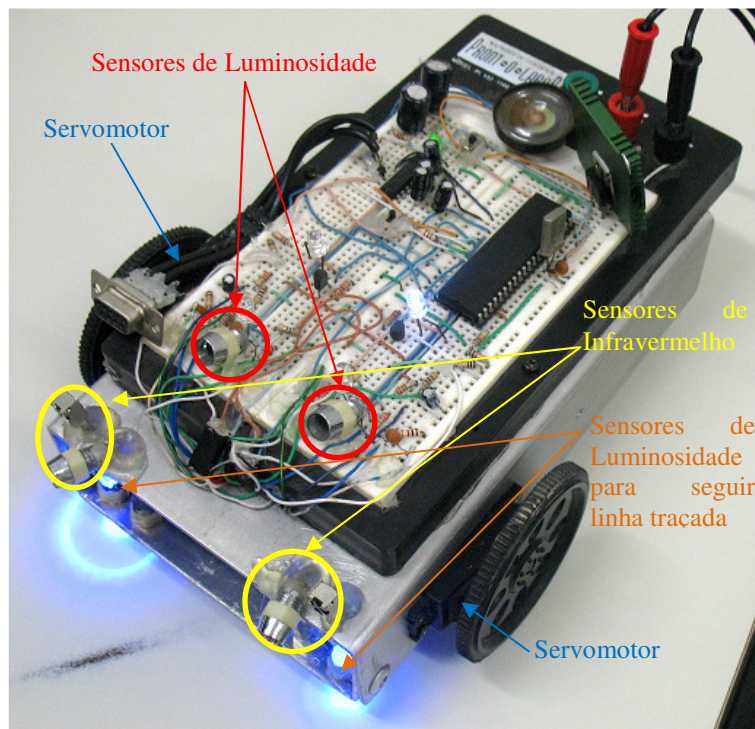


Figura 1 - Plataforma de Educação Tecnológica – PET.

2.1 Sensores de luminosidade

Cada sensor de luz é essencialmente um circuito RC, como se mostra na Figura 2, no qual o resistor é um LDR (*Light Dependent Resistor* - Resistor Dependente de luz). O sensor mede a intensidade do espectro visível que incide sobre ele. Quanto menor a quantidade de luz que incide sobre o circuito, maior a resistência do LDR, o que aumenta o tempo de descarga do capacitor. Quanto maior a quantidade de luz, menor a resistência do LDR e, conseqüentemente, menor o tempo de descarga do capacitor.

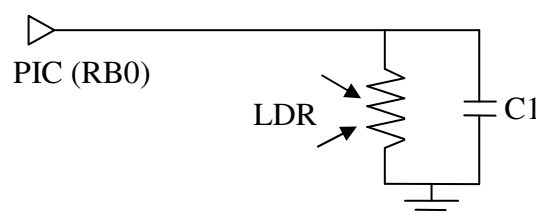


Figura 2 - Sensor de luminosidade.

Conforme mostra a Figura 2, o circuito RC é ligado a um determinado pino do microcontrolador. O PET infere o nível de luminosidade do ambiente, relacionando-o com o tempo de descarga do capacitor, por meio do procedimento descrito a seguir.

Inicialmente, o programa que governa o comportamento do PET programa o pino como saída digital e o aciona, colocando-o em nível lógico 1, por 10ms, tempo suficiente para que o capacitor do circuito seja carregado. Após esse tempo, o programa de controle do PET programa esse pino para o modo entrada e passa a ler continuamente o valor por ele apresentado. Quando a leitura passa a indicar nível lógico zero, o PET entende que o capacitor se descarregou. O tempo gasto entre a programação do pino como entrada e a leitura de nível lógico zero é o tempo de descarga do capacitor. Esse valor é usado como medida do nível de luminosidade do ambiente.

Outros dois sensores de luminosidade instalados na parte inferior do PET (Figura 1) medem a reflexão da luz gerada por um led na superfície por onde passa o PET, a informação de luminosidade desses sensores permite que o robô tenha funcionalidades como seguir linhas traçadas no chão ou evitar cair da borda de uma mesa.

2.2 Sensores de infravermelho

Cada sensor de infravermelho é composto por um circuito emissor e um circuito receptor (Figura 3), que devem trabalhar sequencialmente.

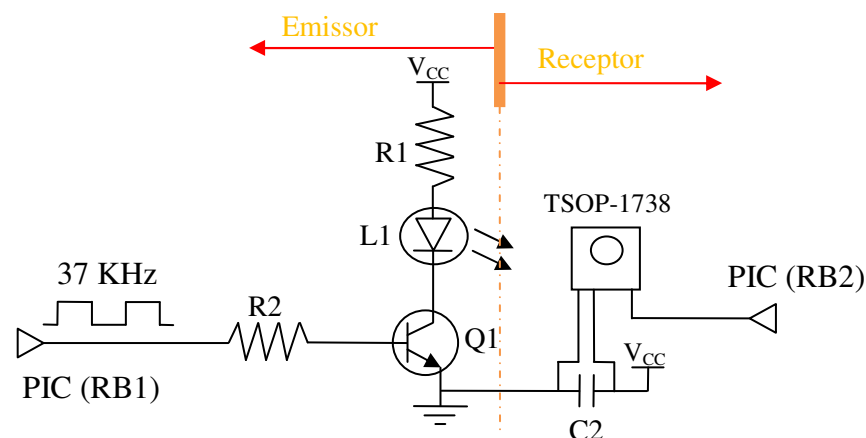


Figura 3 – Sensor de infravermelho.

Para verificar se há um obstáculo à frente do sensor, o PET emite uma sequência de pulsos de ondas quadradas por um período de 500us e, após esse tempo, lê a saída do circuito receptor. Se essa saída estiver ativa, o programa entende que há obstáculo à frente. Caso contrário, o programa conclui que não há obstáculo à frente. Vale ressaltar que, para que o conjunto de sensores de infravermelho possa funcionar adequadamente, eles têm de ser acionados em momentos diferentes, de modo que a emissão de um não afete a recepção do outro, o que poderia gerar falsas leituras.

No PET, os sensores de infravermelho podem ser usados para medir a distância do robô em relação a um obstáculo. O processo de detecção de distância é baseado no fato de que a sensibilidade dos receptores de infravermelho usados no PET varia significativamente com a frequência do sinal recebido, como representado na Figura 4. Segue descrição do algoritmo que efetua medida de distância.

- a) Emite sinal em frequência para a qual o receptor tem baixa sensibilidade;

- b) Se houver retorno, conclui que o alvo está próximo;
- c) Se não houver retorno
 - i. Emite sinal em frequência para a qual o receptor tem sensibilidade média;
 - ii. Se houver retorno, conclui que o alvo está à distância média;
 - iii. Se não houver retorno, emite sinal em frequência para a qual o receptor tem sensibilidade alta;
 - Se houver retorno, conclui que o alvo está à distância grande;
 - Se não houver retorno, conclui que não há alvo.

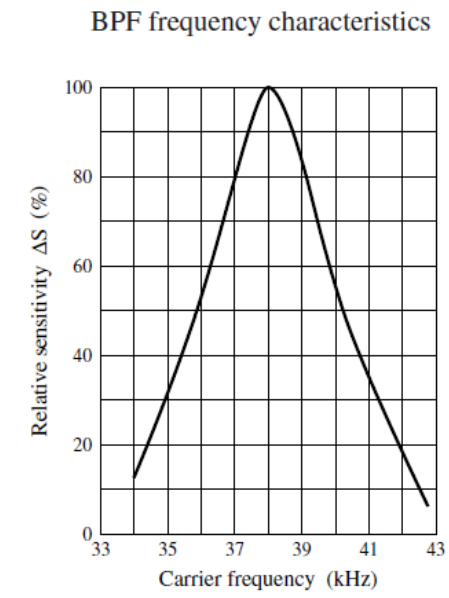


Figura 4 - Sensibilidade dos receptores infravermelhos.

2.3 Os atuadores

Os principais atuadores do PET são dois servomotores do tipo utilizado em aeromodelos, modificados para permitir rotação contínua. Esses motores são controlados por sinais PWM geradas pelo microcontrolador.

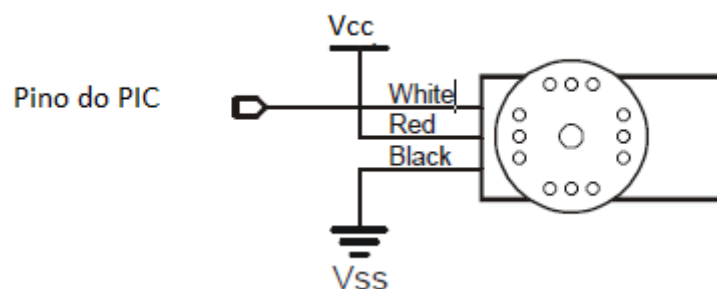


Figura 5 - Ligação de servomotor ao PIC.

O PET é dotado de duas rodas de tração fixas, ligadas diretamente aos eixos dos servomotores, e de uma roda fixa, sem tração, na parte traseira do robô. Desse modo, para se mover, o robô usa tração diferencial. No esquema de tração diferencial, para que o robô se mova em linha reta, as duas rodas têm de girar no mesmo sentido. Para que o robô realize uma curva, uma das rodas gira em um sentido e a outra gira no sentido oposto.

Os outros atuadores são, no momento, quatro LEDs e um buzzer, que podem ser acionados para indicar a ocorrência de eventos ou para indicar o estado de funcionamento do robô.

2.4 O programa de controle do PET

O atual programa de controle do PET funciona de acordo com o seguinte ciclo:

- Na **Iniciação**, são definidos parâmetros de funcionamento do microcontrolador.
- Na **Definição do Modo de Funcionamento**, o PET aguarda que o usuário indique em qual dos modos de funcionamento o robô devera operar, isto é feito por meio dos sensores de luminosidade montados na parte superior do robô. Atualmente, os modos de operação programados no PET são *perseguir alvo móvel*, *navegação autômata* e *seguir linha traçada no solo*.
- No **Loop principal**, é feita a leitura dos sensores, são tratados os dados dos sensores e, como resultado das decisões tomadas durante o tratamento dos dados dos sensores, é feito o acionamento dos atuadores.

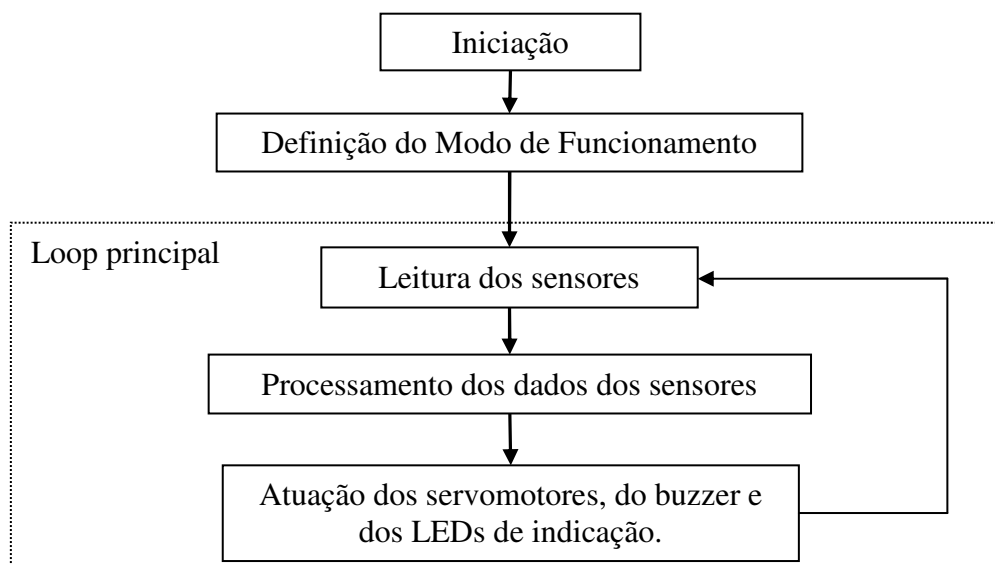


Figura 6 - Ciclo de controle.

Descrição do modo de funcionamento Perseguidor Alvo Móvel

Nesse modo de funcionamento, o PET é capaz de perseguir um alvo móvel que se desloca à frente dele, desde que o alvo tenha largura suficiente para ser detectado pelos dois sensores de infravermelho que são montados na parte frontal do PET, que não se desloque à velocidade superior à que o PET pode alcançar e que não acelere mais rapidamente que o PET pode acelerar. Segue a descrição do algoritmo que corresponde a esse modo de funcionamento.

Faça para sempre

- Se não houver detecção em nenhum dos dois sensores:
 - Aciona o buzzer, para indicar que não está detectando o alvo;
- Se o alvo é detectado pelos dois sensores e está ganhando distância em relação ao PET:
 - Acende os dois LEDs vermelhos;
 - Avança em linha reta, acelerando;

- Se o alvo é detectado pelos dois sensores e está perdendo distância em relação ao PET:
 - Acende os dois LEDs vermelhos;
 - Avança em linha reta, desacelerando;
- Se o alvo é detectado pelos dois sensores e está à distância menor que a distância de segurança em relação ao PET:
 - Acende os dois LEDs vermelhos;
 - Retrocede em linha reta, mantendo velocidade constante;
- Se o alvo é detectado pelos dois sensores e está dentro da distância de segurança em relação ao PET;
 - Acende os dois LEDs vermelhos;
 - Não se movimenta;
- Se o alvo é detectado somente pelo sensor da direita:
 - Acende o LED vermelho direito;
 - Gira à direita;
- Se o alvo é detectado somente pelo sensor da esquerda:
 - Acende o LED vermelho esquerdo;
 - Gira à esquerda;

O algoritmo acima recebe como um de seus parâmetros a indicação de se deve ou não verificar a presença de bordas à frente. A detecção de bordas é feita pelos dois sensores de luz montados na parte inferior do PET. Assim, antes de se mover à frente, o PET pode ou não verificar se há risco de queda para ele. Se houver borda à direita do robô, ele recua e gira à direita, antes de tentar seguir novamente em frente. Se houver borda à esquerda do robô, ele recua e gira à esquerda, antes de tentar seguir novamente em frente.

Sempre que é instruído a detectar a presença de bordas, o PET calibra seus sensores de queda (os sensores de luz montados na parte inferior do robô), a fim de poder operar em ambientes com luminosidades diferentes. A calibração é feita segundo o seguinte algoritmo:

1. Quando o robô é ligado:
 - a. Efetua a leitura do tempo de descarga do circuito RC do sensor de queda esquerdo;
 - b. Armazena o valor lido em uma variável;
 - c. Efetua a leitura do tempo de descarga do circuito RC do sensor de queda direito;
 - d. Armazena o valor lido em uma variável;
2. Durante toda a operação do PET:
 - a. O algoritmo que verifica a presença de borda só vai concluir que um dos sensores indicou a presença de borda se o tempo de descarga do capacitor daquele sensor aumentar mais que certa percentagem em relação ao tempo armazenado na variável correspondente àquele sensor.

Se, ao longo da operação do robô, a luminosidade do ambiente variar muito em relação à luminosidade que havia no momento em que o PET foi ligado, pode ser necessário reiniciar o PET, de modo que ele faça nova calibração dos sensores de queda.

Descrição do modo de funcionamento Navegar Autonomamente

Nesse modo de funcionamento, o PET movimenta-se à frente, desviando de obstáculos e evitando cair em bordas, como as que ocorrem, por exemplo, nos degraus de uma escada. Assim, o PET é capaz de vagar de forma segura por um ambiente desconhecido.

Descrição do modo de funcionamento Seguir Linha

Nesse modo de funcionamento, o PET usa os sensores de queda para seguir linhas escuras desenhadas no chão. Se um sensor de queda indicar que houve redução brusca na quantidade de luz que recebe, conclui-se que aquele sensor está sobre a linha escura. Desse modo, é necessário manobrar até que nenhum dos sensores indique detecção de partes escuras no chão. Enquanto nenhum dos sensores indica detecção, o PET se move para frente.

3 APLICAÇÕES

Essa seção descreve algumas aplicações do PET no ensino. Dessas, duas ainda não foram efetivadas e uma já foi realizada.

3.1 Simulação de navegação em comboio

A navegação em comboio é uma das principais alternativas hoje pesquisadas para a resolução de alguns problemas associados ao excesso de veículos nas autoestradas. Viajando em comboio, os veículos podem manter velocidade constante, o que diminui o consumo de combustível e a emissão de poluentes. Além disso, a viagem em comboio reduz o número de ultrapassagens, grande causa de acidentes.

Com o PET funcionando no modo de perseguição de alvo, é possível fazer que ele siga outro objeto móvel, que pode ser outro PET, simulando, assim, a operação em comboio. Os estudantes podem abordar o problema sob diversas perspectivas. Por exemplo, podem construir novos sensores de infravermelho ou estudar a detecção de alvos móveis por sensores de ultrassom. Basta construir os sensores e programar o PET para tratar seus sinais. Outra abordagem possível pode ser o estudo da economia de combustível resultante da navegação em comboio, basta que os estudantes introduzam no PET um simples circuito de medição de nível de bateria e que façam simulação da energia gasta para que um robô percorra um circuito andando sozinho e depois andando em comboio.

3.2 Simulação de entrega automatizada em fábricas e em hospitais

O PET pode emular, por meio do funcionamento no modo de seguir linhas, a operação de robôs que são hoje usados para transportar materiais, seguindo trajetórias fixas, em ambientes variados, como hospitais, armazéns e fábricas.

Para os alunos, as oportunidades de aprendizado são muitas. Eles podem construir um ambiente onde linhas desenhadas no chão servem de guia para o movimento do robô e no qual, aleatoriamente, surjam obstáculos no caminho do robô. Nesse ambiente, os alunos podem, por exemplo, programar o robô para percorrer o circuito desenhado, desviando de obstáculos e fazendo paradas em pontos marcados no chão, simulando assim, entregas programadas de material. Para executar essa tarefa, os alunos podem construir encoders e outros sensores e integrá-los ao PET.

3.3 Uso do PET por pessoas sem conhecimento de programação de computadores

Uma interessante experiência já realizada com o PET foi a construção de uma interface gráfica para programação do robô, que tinha como objetivo permitir que pessoas sem nenhum conhecimento de computação ou de robótica pudessem programá-lo.

A interface gráfica é executada em um PC, ligado ao PET por meio de um cabo de comunicação serial. Nessa interface, praticamente autoexplicativa, o usuário pode escrever um programa (mostrado na caixa “Comandos a serem programados”) que faz uso de várias funções pré-programadas, tais como detectar obstáculos, avançar, girar à direita, etc. Uma vez

montado o programa, basta que o usuário pressione o botão “Programar”, para que o programa seja gravado automaticamente, sem necessidade de gravadores de PIC, na memória do microcontrolador. Uma vez gravado o programa, o PET passa a executar automaticamente o que o usuário programou.

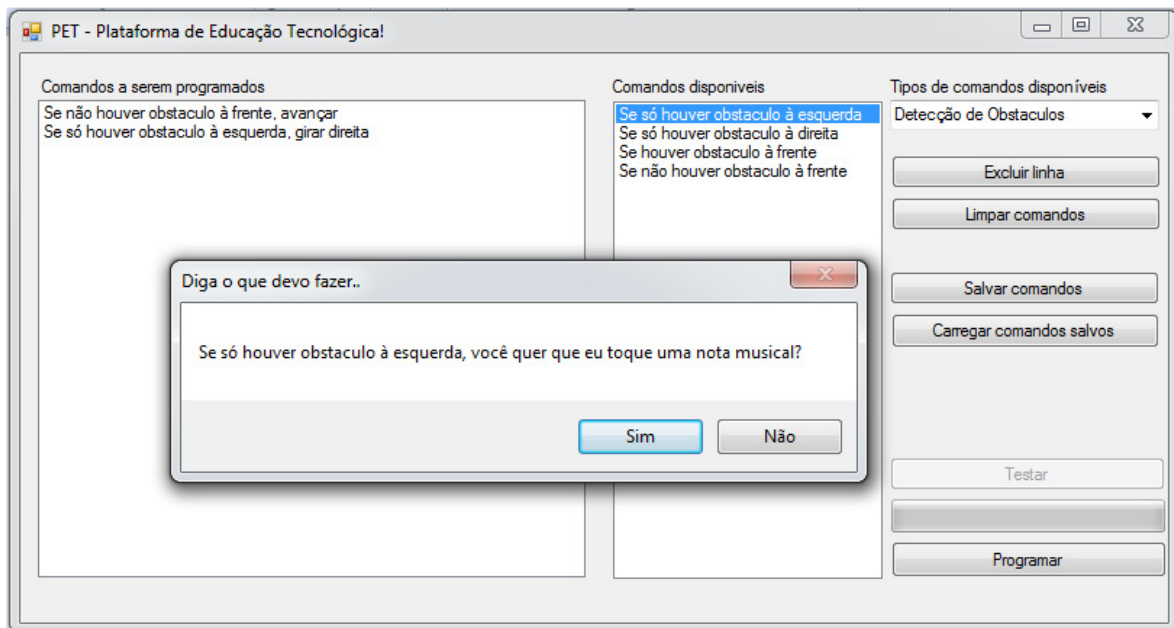


Figura 7 - Interface gráfica de programação do PET.

A demonstração da interface teve lugar no ISA Show 2010, realizado em Vitória, ES. Alunos do curso Técnico de Automação do Ifes Serra construíram uma base de isopor, na qual havia uma linha desenhada e obstáculos de isopor. Eles elaboraram programas usando a interface gráfica e demonstraram o comportamento do robô para os visitantes da feira, pessoas das mais variadas formações educacionais e idades. Feita a demonstração, os alunos convidavam os visitantes a tentar programar o PET e explicavam o funcionamento dos circuitos eletrônicos do robô.

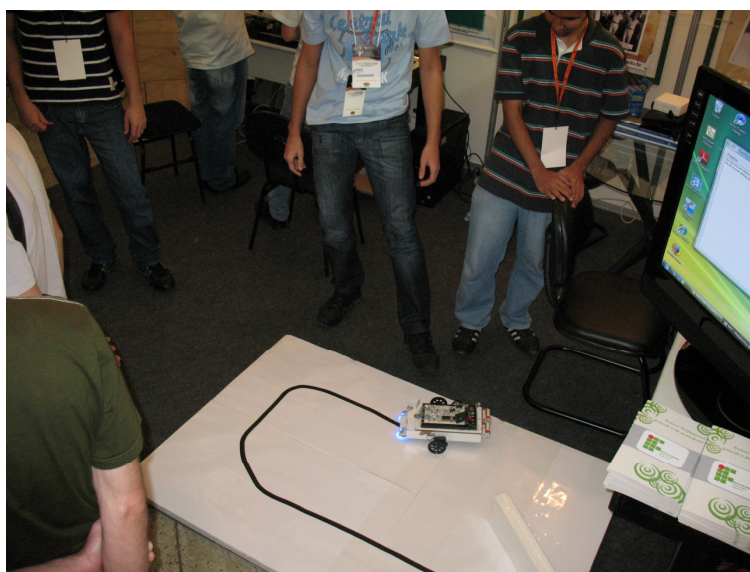


Figura 8 - Alunos utilizando o PET no ISA Show 2010.

4 TRABALHOS FUTUROS

Os modos atuais de funcionamento do PET são somente algumas das possibilidades de operação desse robô. No momento, há trabalhos no sentido de incorporar um rádio digital ao PET, de modo que seja possível estabelecer troca constante de informações entre o robô e um computador, aumentando a capacidade de tomada de decisão e de armazenamento de informações do PET. Com isso, tarefas como a navegação autônoma podem ser muito melhoradas, pois passa a ser possível armazenar mapas do ambiente em um computador, em vez de tentar fazê-lo na acanhada memória do microcontrolador do robô.

Outra melhoria prevista para o PET é a instalação de um GPS capaz de comunicação com o microcontrolador, o que dotará o robô de habilidades como seguir trajetórias em ambiente aberto, no qual não há marcações no chão, e identificar as coordenadas de determinado obstáculo.

Finalmente, devido à fácil construção do robô, pretende-se reunir grupos de alunos para a construção de um PET por equipe, para iniciar um concurso interno na instituição.

5 CONCLUSÕES FINAIS

O PET é um robô móvel de construção fácil e barata, que despertou grande interesse não só de estudantes, mas do público em geral, nas feiras onde foi demonstrado. Apesar de sua simplicidade, o PET permite que estudantes de diversos níveis de formação possam exercitar e aprimorar conteúdos ligados à eletrônica, à física e à matemática. Portanto, atende ao objetivo primordial do projeto, que era a construção de uma plataforma robótica educacional versátil, mas de baixo custo, para o estudante brasileiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MATARIC, Maja J., "Robotics Education for All Ages", it AAI Spring Symposium on Accessible, HandsOn AI and Robotics Education, Palo Alto, CA, Mar 22-24, 2004.

MEHL, Ewaldo. L.; Zani, Anderson C.; Kuntze, Jackson; Mognon, Vilson R. O "futebol de robôs" como ferramenta tecnológica para o ensino de engenharia elétrica e ciência da computação. COBENGE 2001, Porto Alegre.

PASSOLD, Fernando. Despertando para a Importância das Competições de Robôs. COBENGE 2006, Passo Fundo.

RODRIGUES, A. M. M. Por uma filosofia da tecnologia. In: Grinspun, M.P.S.Z.(org.). Educação Tecnológica - Desafios e Perspectivas. São Paulo: Cortez, 2001: 75-129.

SILVA, E. Lazaro; Bispo, Jorge; Leite, Rosangela; Abreu, Tiago; Santos, Uburajara e Cruz, Vitor. Utilização do estudo de robôs seguidores de linha como estratégia de avaliação na disciplina controle de processos no curso de engenharia de computação. COBENGE 2006, Passo Fundo.

SILVEIRA, Rosemar Monteiro Castilho Foggiatto; BAZZO, Walter. Ciência, tecnologia e suas relações sociais: a percepção de geradores de tecnologia e suas implicações na educação tecnológica. Ciênc. educ. (Bauru), Bauru, v. 15, n. 3, 2009 . Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132009000300014&lng=en&nrm=iso>. access on 16 June 2011.

DEVELOPMENT OF AN AUTONOMOUS MOBILE ROBOT FOR TECHNICAL AND HIGHER EDUCATION

Abstract: *PET, acronym for “Platform for Technological Education”, is a mobile robot conceived to be a didactical tool for technical and superior courses in the fields of electronics, computer engineering, control and automation. The PET prototype currently features two servomotors, four visible light sensors and two infrared sensors. These devices are controlled by a PIC microcontroller, capable of communicating with a personal computer. Such resources allow the robot to perform tasks that demand skills such as avoid obstacles, assess the distance to an obstacle, avoid falling downstairs or follow lines drawn on the floor. Though there are commercial robots of proved educational value, the development of PET is justified by the idea that the educational process of subjects such as electronics and computer programming can greatly benefit from allowing students to have deep contact with an autonomous mobile robot. In this article, the architecture of PET and a few applications of the robot in the educational process are described.*

Key-words: *Autonomous mobile robot, Educational robotics, Technological innovation.*