UMA ALTERNATIVA DE BAIXO CUSTO PARA ESTIMULAR O ENSINO E APRENDIZAGEM DE CONCEITOS INTERDISCIPLINARES ATRAVÉS DO USO DE UM CARRINHO DE CONTROLE REMOTO

Luciano Augusto Fernandes Carvalho [1], *Will Ricardo dos Santos Machado* [1]

Abstract — *Robotics is an area that is constantly evolving technological and scientific, with a broad universe of applications and purposes to be further explored. Among the various purposes, robotics has been used as an important tool to support teaching in the practice. To build a robot knowledge are needed on the physical (hardware) and the programming (software), making this task a set of steps considered relatively complex. In this context, this work presents an attractive solution and low cost to the public has more interest in software than in hardware to work with educational robotics through the use of a remote control car. The development of this project enables practical experimentation of concepts related to Basic Electronics and Physics, as well as encouraging the development and testing of algorithms for robot navigation.*

Index Terms — pedagogic application, robot navigation, low cost solution.

INTRODUÇÃO

A presença e a importância que a tecnologia ocupa no cotidiano tornaram inevitável o encontro da educação com os meios digitais, nesse encontro surgiu espaço para a robótica educativa que é uma aplicação da tecnologia na área pedagógica, sendo mais um instrumento que oferece aos participantes, no caso, os alunos, a oportunidade de vivenciar experiências semelhantes às que terão na vida profissional, pois ela cria um ambiente onde há oportunidade de aprendizado em função do desenvolvimento criativo e motivacional dos estudantes, dando a estes a chance de solucionar problemas difíceis mais do que observar formas de solução [1] - [2].

A robótica tem grande potencial como ferramenta interdisciplinar, visto que a construção de um novo mecanismo ou a solução de um novo problema freqüentemente extrapola a sala de aula [3]. Como uma das metas da educação é fazer a preparação do aluno para a realidade multicultural, onde o mesmo terá de desenvolver habilidades de forma interdisciplinar, a robótica passa a ser um instrumento que vem a contribuir no contexto pedagógico, justificando a importância de trabalhos nessa linha.

Com o objetivo de simplificar o uso da robótica educativa surgiram vários *kits* comerciais que adotam uma metodologia que valoriza a utilização de materiais alternativos, associado a software e hardware adequados, permitindo que os mais diversos conteúdos da sala de aula possam ser explorados de forma simples, flexível e criativa.

Entretanto, dependendo do que se deseja explorar em termos educacionais os *kits* poderão não atender as expectativas, devido a limitações dos mesmos, como a capacidade de processamento de alguns algoritmos computacionais baseados em visão computacional e inteligência artificial. Na maioria dos *kits* em questão também são impostas limitações relacionadas à linguagem de programação a ser utilizada pelo desenvolvedor. Geralmente, cada kit possui sua própria linguagem de programação e os seus respectivos *firmwares* estão preparados para executar programas desenvolvidos apenas nas linguagens reconhecidas pelos mesmos. Além das limitações mencionadas, deve-se considerar também os custos de aquisição desses equipamentos, que geralmente não são muito accessíveis a grande parte das pessoas interessadas.

Neste contexto, este trabalho apresenta uma solução atrativa e de baixo custo para o público que possui mais interesse em software do que em hardware para trabalhar com robótica educativa, basicamente através do uso de um carrinho de controle remoto, um computador e uma webcam. Essa proposta alternativa apresenta um custo bem mais baixo comparado à compra de um *kit* de robótica convencional simples. Com base nesta solução, as pessoas que focam principalmente o estudo de algoritmos de reconhecimento na robótica podem explorar o universo de problemas relacionados à navegação autônoma de robôs baseado em visão artificial e testar a eficiência de suas soluções na prática.

Além da proposta do hardware, também foi desenvolvida uma arquitetura de software de fácil acoplamento que controla o carrinho e permite que outros módulos de software sejam acoplados a plataforma, incluindo novas funcionalidades a plataforma.

ESPECIFICAÇÃO DO PROJETO

[1] Luciano Augusto Frnandes Carvalho, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Av. Padre Francis Cletus Cox, 1661, 37701-355, Poços de Caldas, MG, Brazil, lu113@msn.com, will@pucpcaldas.br

Para o desenvolvimento desse projeto foram utilizados os seguintes artefatos no que se refere a *hardware*:

- *Webcam* 1.0 mp
- Cabo com um conector DB25
- PC win(x86)
- Cabo extensor USB
- Carrinho de controle remoto

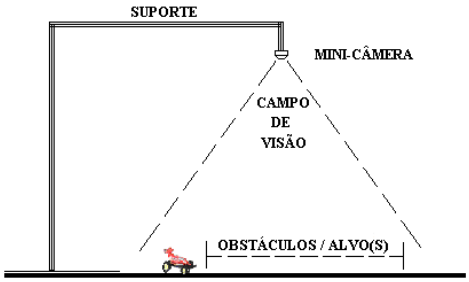
O cabo com um conector DB25 é utilizado como o meio físico de interfaceamento entre o computador e o carrinho de controle remoto. Atualmente, o custo de um cabo como este varia entre R$ 10,00 e R$ 50,00. Uma *webcam* apresenta um custo que varia entre R$ 30,00 e R$ 750,00, e um carrinho de controle remoto apresenta um custo que pode variar entre R$ 35,00 a R$ 1.000,00.

Já os *kits* de robótica encontrados a venda no mercado possuem custo variando entre R$ 350,00 e R$ 1.600,00.

Sendo assim, considerando que o usuário já possua um computador e que o mesmo adquira uma *webcam* simples que custe R$ 40,00, um cabo com conector DB25 que custe R$ 10,00 e um carrinho de controle remoto que custe R$ 50,00, com um investimento total de aproximadamente R$ 100,00 será possível montar o ambiente de experimentação proposto neste trabalho. Com este investimento total o custo é aproximadamente 65% menor em relação ao custo de um *kit* de robótica simples de menor valor.

O projeto foi originalmente idealizado para que a aplicação opere com visão planar, conforme ilustrado na figura 1, assim o campo de visão da *webcam* adquirido pelo sistema que controlará o carrinho foi programado para reconhecer o carrinho e se deslocar até um determinado ponto do plano de visualização. Este ponto é definido através da ação de um clique do usuário na posição destino do carrinho na interface do software.

FIGURA. 1



PERSPECTIVA DE VISÃO PLANAR.

A integração entre o hardware e o software foi feita para que o utilizador do sistema abstraia o máximo possível os problemas relacionados a hardware, assim o software desenvolvido apresenta uma camada de controle que implementa a comunicação com controle remoto do carrinho através de sinais emitidos para porta paralela, abstraindo o controle remoto do carrinho.

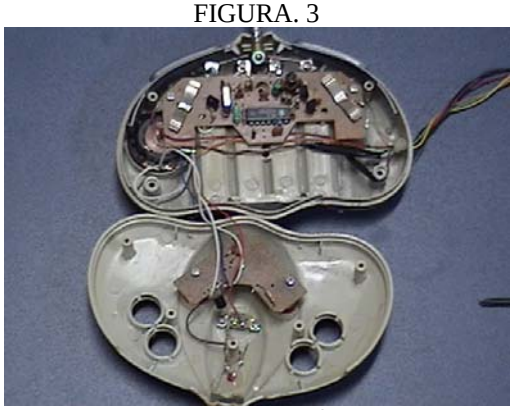
HARDWARE

Para viabilizar que o controle remoto do carrinho seja acionado via PC foram realizados estudos sobre o circuito eletrônico do controle remoto para saber quais os *bits* a serem enviados através da porta paralela ao controle, de modo a acionar determinados comandos que permitirão movimentar o carrinho nas direções norte, sul, leste e oeste.

FIGURA. 2

CARRINHO DE CONTROLE REMOTO UTILIZADO NO PROJETO.

FIGURA. 3



CONTROLE REMOTO DO CARRINHO APÓS SOLDAGEM DOS FIOS CORRESPONDENTES AOS PINOS DO CONECTOR DB25.

A figura 1 ilustra uma foto do carrinho de controle remoto utilizado no projeto e a figura 2 ilustra o controle remoto aberto, após as soldagens dos fios ligados aos pinos do conector DB25.

Software

Para permitir que a arquitetura do software fosse de fácil acoplamento, a mesma foi implementada em Java, uma linguagem de programação baseada no paradigma de programação orientada a objetos e independente de plataforma, agregando assim ao software maior reusabilidade, organização e padronização ao código-fonte referente ao mesmo.

Entretanto, mesmo sendo o Java uma linguagem de programação independente de plataforma, atualmente o

software desenvolvido opera somente na plataforma Windows (x86), pois ele depende de uma DLL da API Parport utilizada para permitir que uma aplicação em Java envie sinais de controle à porta paralela.

Em relação à localização da posição do carrinho, a mesma é identificada através do reconhecimento de 3 marcadores circulares vermelhos que foram fixados sobre o carrinho, dispostos na forma de um triângulo, de modo a possibilitar que o software identifique a frente do carrinho e a direção para onde o mesmo está voltado.

Além do módulo de reconhecimento da posição do carrinho também foi desenvolvida uma aplicação pedagógica que permite ao usuário, através da ação de um clique do mouse na interface do software onde é exibido o fluxo de vídeo capturado pela webcam, definir a localização para onde ele deseja que o carrinho se movimente. A partir da definição desta posição destino, o sistema começa a cronometrar o tempo de deslocamento que o carrinho levou para chegar até esta posição. Com base neste tempo de deslocamento e através do cálculo da distância entre dois pontos (origem e destino), o sistema calcula a velocidade média de deslocamento do carrinho. Para testar os conhecimentos do usuário, o sistema gera aleatóriamente uma pergunta objetiva e exibe 5 opções de resposta que serão apresentadas ao mesmo, com apenas uma das alternativas sendo verdadeira.

O sistema gera perguntas questionando o usuário sobre velocidade média, tempo e deslocamento do carrinho.

METODOLOGIAS E TÉCNICAS COMPUTACIONAIS

Para o desenvolvimento da plataforma proposta foram utilizadas metodologias e técnicas relacionadas às áreas de matemática, física e computação.

Deslocamento e cálculo de direção de deslocamento do carrinho

Para que o carrinho se desloque na direção do ponto de destino escolhido pelo usuário foi implementado o cálculo do ângulo entre o vetor que define a orientação correspondente a direção para onde a frente do carrinho está alinhada e o vetor correspondente ao deslocamento do mesmo em relação ao ponto de posicionamento atual do carrinho e o ponto de destino. Este cálculo possibilita que a aplicação obtenha quantos graus o carrinho terá que ser rotacionado para alcançar mais rapidamente o ponto de destino.

$$\theta = \arccos\left(\frac{\vec{u}\cdot\vec{v}}{\|\vec{u}\|\cdot\|\vec{v}\|}\right) \quad (1)$$

A eficiência deste processo está diretamente relacionada à precisão do controle do hardware utilizado nos experimentos, ou seja, caso esteja sendo usado um carrinho ou um robô que ao receber um determinado sinal para que o mesmo seja rotacionado para direita ou para a esquerda, ele rotacione sempre precisamente em um ângulo *x*, as vantagens inerentes a esta abordagem serão exploradas ao máximo.

No caso do carrinho utilizado nesses experimentos, se a frente do carrinho estiver na direção do alvo este recebe um pulso para frente, caso contrário o carrinho receberá um pulso para girar para esquerda ou para direita, dependendo do valor do ângulo estimado pela equação anterior, tentando assim alinhar a frente do carrinho na direção do ponto de destino.

O sistema emite sempre pequenos pulsos para movimentar o carrinho e funciona como um sistema realimentado, pois sabendo que a movimentação do carrinho é um processo mecânico de baixa precisão, não é possível alinhar o mesmo na direção do ponto destino em uma única vez com o mínimo de precisão desejada.

Métodos e Técnicas de Processamento de Imagens

O reconhecimento de artefatos que compõem uma imagem é um processo de identificação de padrões que sejam relevantes à performance de uma tarefa. Uma das principais metas da análise de imagens por computador é dotar uma máquina com a capacidade de aproximar, em um determinado sentido, a capacidade similar dos seres humanos [5].

FIGURA. 4

PADRÃO CRIADO PARA POSSIBILITAR A IDENTIFICAÇÃO.

A figura 4 ilustra o padrão criado para possibilitar a identificação da posição e da direção do carrinho de controle remoto na vista planar.

YCbCr e Limiarização

O sistema de cores YCbCr, a componente Y contém altas freqüências de luminância em escalas de cinza, e os componentes de crominância Cb e Cr guardam, respectivamente, freqüências altas de informação de cores, assim podemos ver que o padrão apresenta as crominâncias vermelha e azul em destaque. Esta característica facilita a busca por padrões de cor vermelha usando a banda Cr. A equação de conversão do modelo de cor padrão RGB para o modelo de cor YCbCr é dada pela equação (3).

$$Y = (0{,}257 \cdot R) + (0{,}504 \cdot G) + (0{,}098 \cdot B) + 16$$
$$Cr = (0{,}439 \cdot R) - (0{,}368 \cdot G) - (0{,}071 \cdot B) + 128 \qquad (3)$$
$$Cb = -(0{,}148 \cdot R) - (0{,}291 \cdot G) + (0{,}439 \cdot B) + 128$$

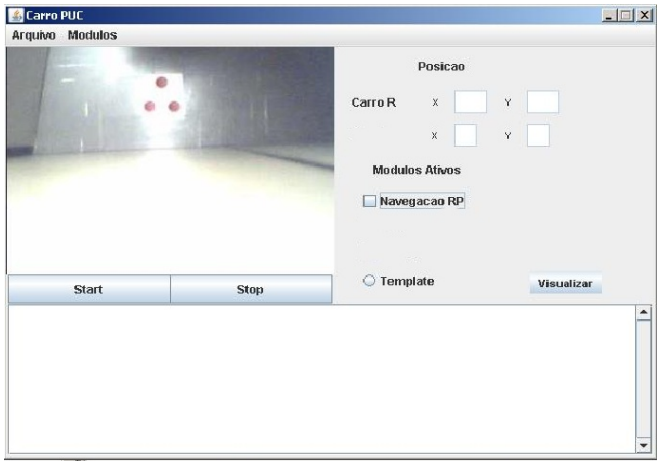
Após a conversão do modelo de cor RGB para o YCbCr foi aplicada a técnica de limiarização, uma maneira muito simples de segmentar objetos na cor de interesse através da realização de um processo de varredura na banda Cr, buscando três valores máximos que se encontram em posições relativamente distantes.

RESULTADOS

Em termos de *hardware*, a arquitetura proposta neste projeto pode ser testada fazendo uso apenas de um computador, um carrinho de controle remoto, um conector de DB25 e uma webcam.

Foi desenvolvido o sistema de controle e automação do carrinho de controle remoto cuja interface gráfica do mesmo é ilustrada na figura 5.

FIGURA. 5



INTERFACE GRÁFICA DO SOFTWARE.

Após a realização de alguns experimentos foi possível avaliar o eficácia do processo de reconhecimento dos algoritmos implementados no sistema, obtendo resultados considerados satisfatórios, conforme descrito na tabela 1.

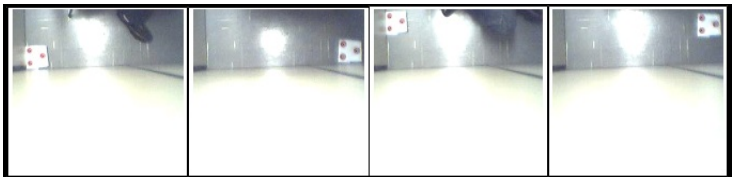
Esses resultados foram obtidos com base no posicionamento do carrinho em 4 cantos diferentes do campo de aquisição da imagem, cantos superior esquerdo, superior direito, inferior esquerdo e inferior direito.

TABELA I

RESULTADO DE RECONHECIMENTO DO CARRINHO USANDO LIMIARIZAÇÃO.

Posição	Marcador 1				Marcador 2				Marcador 3			
	$\overline{P}$ local. manualmente		Localizado		$\overline{P}$ local. manualmente		Localizado		$\overline{P}$ local. manualmente		Localizado	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
1	280	16	279	16	279	40	279	40	306	27	303	31
2	281	65	281	66	306	77	305	79	280	88	279	90
3	55	87	57	88	32	77	32	79	32	101	34	102
4	29	37	31	34	53	21	53	24	29	12	31	15

FIGURA. 6



FOTOS UTILIZADAS PARA MONTAR A TABELA1.

Com base nos pontos médios de cada marcador, obtidos manualmente, e nos pontos de máxima saturação do vermelho de cada marcador, obtidos através da metodologia implementada pelo software, o erro médio na identificação dos três marcadores em cada uma das quatro imagens testadas foi de 2, 1.82, 2.15 e 3.4 pixels. Esta margem de erro é considerada pouco significativa no contexto da aplicação e nos permitiu observar que os pontos de máxima saturação da banda Cr geralmente estão muito próximos aos pontos centrais dos marcadores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de uma alternativa de baixo custo para se experimentar algoritmos computacionais de navegação de robôs instiga os desenvolvedores a trabalhar com robótica e com conceitos relacionados aos que foram abordados neste trabalho.

A segmentação dos marcadores de cor avermelhada na imagem apresentou um desempenho muito satisfatório. Entretanto, a utilização desta abordagem limita a presença de qualquer outro objeto de cor avermelhada na cena, pois outros objetos desta mesma cor comprometerão fortemente o reconhecimento da posição do carrinho na cena.

Como já era esperado, o desempenho dos algoritmos de reconhecimento dos marcadores são relativamente sensíveis as condições de iluminação do ambiente. Portanto, recomenda-se que os experimentos sejam realizados em um ambiente com iluminação adequada.

Comparando a solução implementada para realizar o reconhecimento dos marcadores com a técnica de Template Matching, comumente utilizada em problemas simples de reconhecimento de imagens, foi possível constatar que a solução proposta neste trabalho é menos suscetível as variações das condições de iluminação do ambiente, conforme estudos realizados no trabalho anterior [8].

Os experimentos também nos possibilitaram constatar que os algoritmos implementados permitiram a navegação autônoma do carrinho no ambiente, obtendo uma boa precisão em relação ao deslocamento do mesmo no plano de observação.

O sistema de deslocamento realimentado mostrou ser uma solução eficaz, mesmo considerando o fato do carrinho demorar um certo tempo para chegar ao ponto destino desejado pelo usuário, pois a adoção de uma outra metodologia de melhor performance torna a aplicação muito dependente da precisão do hardware utilizado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Valente, J. A., Por quê o Computador na Educação? Em J.A. Valente, (org.) Computadores e Conhecimento: repensando a educação. Campinas: Gráfica da UNICAMP, 1993.

[2] Weil, P. D'A. U., Crema, R., Rumo à Nova Transdiciplinaridade: Sistemas Aberto de Conhecimento. São Paulo Summus Editorial, 1993.

[3] Hoelzel, Ione B. Gassen de Menezes, CRUZ, Márcia E. J. K. da., Relatos da oficina de Logo e Robótica. Santa Cruz do Sul: RS: Unisc, 1995.

[4] Anil K. Jain, Robert P. W. Duin, and Jianchang Mao. Statistical pattern recognition: A review. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 22(1):4-37, January 2000.

[5] Gonzalez R. C., and Woods R. E., Digital Image Processing, Addison-Wesley Publishing Company, 1992.

[6] Lowe, D. G., Distinctive image features from scale-invariant keypoints, International Journal of Computer Vision, 2:91–110, 2004.

[7] Bay, H., Tuytelaars, T., and Gool, L. V., SURF: Speeded up robust features. In European Conference on Computer Vision, 2006.

[8] Machado, W. R. S. , OHTA, D. A. L., Um protótipo de uma ferramenta de detecção automática de alterações posturais baseada em imagens. In: II WVC (Workshop de Visão Computacional), 2006, São Carlos. Anais do WVC'2006, 2006.