

# LOCALIZAÇÃO VISUAL DE OBJETOS UTILIZANDO UMA CABEÇA ROBÓTICA COM VISÃO ESTÉREO

Eduardo Tondin Ferreira Dias [Bolsista PIBIC Voluntário], Hugo Vieira Neto [Orientador],  
João Felipe Calvo Nunes [Colaborador]

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial  
Campus Curitiba  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR  
Avenida Sete de Setembro, 3165 - Curitiba/PR, Brasil - CEP 80230-901

edu.tondin@gmail.com, hvier@utfpr.edu.br, jfcn88@gmail.com

**Resumo** – O presente artigo descreve o desenvolvimento de uma plataforma de simulação dos movimentos do sistema visual humano, utilizando-se de técnicas de detecção de objetos e algoritmos de controle. São descritos os métodos de processamento de imagens e de controle de uma cabeça robótica, assim como os resultados obtidos e sugestões para trabalhos futuros.

**Palavras-chave:** Cabeça Robótica, Transformada Generalizada de Hough, Visão Estéreo.

**Abstract** - This paper describes the development of a platform for simulation of movements of the human visual system, using techniques for object detection and control algorithms. The image processing and robotic head control methods are described, as well as the results obtained and ideas for future research.

**Key-words:** Robotic Head, Generalised Hough Transform, Stereo Vision.

## INTRODUÇÃO

A visão computacional compreende, entre outros temas, o estudo do sistema visual humano, utilizando-se de algoritmos e simulações de seu comportamento [1]. No presente trabalho, técnicas de visão computacional foram utilizadas no controle de uma cabeça robótica, definindo informações como localização e distância de objetos através de informações visuais.

Pretende-se que tal sistema venha a ser utilizado para navegação robótica autônoma, permitindo a extração de informações do ambiente de operação do robô que seriam perdidas utilizando-se métodos tradicionais, como o uso de sensores de distância por infravermelho e sonares.

Desenvolveu-se um sistema de detecção de objetos, simulando os movimentos do sistema visual humano, utilizando-se o método denominado *Transformada Generalizada de Hough*. O algoritmo de controle da cabeça robótica foi implementado calculando-se os movimentos horizontais (*pan*), verticais (*tilt*) e de vergência das câmeras, tendo como finalidade a localização do objeto desejado.

## METODOLOGIA

O sistema foi desenvolvido tendo como base dois algoritmos, sendo o primeiro para processamento das imagens das câmeras e o segundo para o controle da cabeça robótica. Primeiramente, as imagens das duas câmeras são capturadas e então é realizado um processamento buscando localizar o objeto de interesse e determinar seu centro em cada imagem. O algoritmo de controle, com base nas posições centrais obtidas em cada imagem, define aproximadamente o posicionamento futuro das câmeras. Finalizando o sistema, as

informações contendo as novas posições das câmeras são enviadas para a cabeça robótica para seu reposicionamento.

O diagrama em blocos da plataforma é mostrado na figura 1 e os algoritmos descritos individualmente logo a seguir.

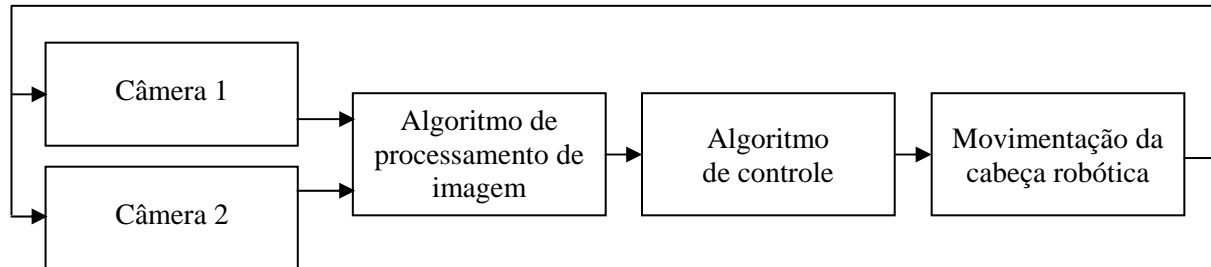


Figura 1. Diagrama em bloco da plataforma.

**Algoritmo de processamento de imagem.** A elaboração do algoritmo de processamento de imagem baseou-se na técnica de detecção de figuras geométricas denominada *Transformada Generalizada de Hough*, desenvolvida originalmente por P. Hough [2] e estendida por D. Ballard [3]. Através de uma imagem de referência pré determinada, são retiradas informações de interesse a serem buscadas na imagem em que se deseja localizá-las. Este algoritmo foi implementado para a detecção de objetos de modo invariante ao seu tamanho e posição.

Um pré-processamento foi efetuado para otimizar o processamento das imagens e definir a cor do objeto de interesse e o método da limiarização – processo pelo qual é segmentada a imagem através do particionamento do histograma – foi utilizado para isolar o objeto de interesse. Também foi executada a detecção de bordas através dos operadores de Sobel, permitindo a obtenção das informações de magnitude e direção do vetor de gradiente através de um único procedimento.

O algoritmo de extração de informações é executado adquirindo os valores dos ângulos formados pela direção do gradiente da borda do objeto com o centro do objeto na imagem de referência, criando uma tabela de parâmetros – denominada *R-Table* – que consiste em um modelo do objeto de interesse. Os valores desses ângulos de referência (*R-Table*) são aplicados a todos os pixels de borda nas imagens em que se deseja encontrar o objeto, acumulando votos em uma matriz. Neste espaço de votação, o ponto de maior amplitude é definido como o centro do objeto detectado.

**Algoritmo de controle.** Os controles da cabeça robótica foram desenvolvidos para simular o sistema visual humano, possuindo as mesmas características de movimentação. Com as informações de centro do objeto em ambas as imagens, foi possível determinar a posição do mesmo e movimentar a cabeça robótica buscando centralizá-lo nas duas imagens adquiridas.

A centralização do objeto nas imagens foi definida através do cálculo da distância entre a posição do objeto e o centro da imagem capturada e utilizando essa informação para alterar a vergência entre as câmeras, além dos movimentos horizontal (*pan*) e vertical (*tilt*) da cabeça robótica como um todo.

O ângulo de *pan* ( $\phi_i$ ), definido na equação 1, foi calculado através da soma do ângulo de *pan* do par de imagens adquiridas no instante de tempo anterior com a média aritmética entre as distâncias horizontais do centro do objeto ao centro de cada uma das imagens, multiplicados por uma constante de proporcionalidade  $k_\phi$ , conforme a equação 1.

$$\phi_i = \phi_{i-1} + k_\phi (d_d + d_e) / 2 \quad (1)$$

Para o cálculo da vergência ( $z$ ), a posição horizontal do objeto nas imagens foi analisada para determinar a posição de referência do objeto com relação ao ponto de vergência. Nos casos em que a posição do objeto está atrás do ponto de vergência, o algoritmo efetua o cálculo através da equação 2; nos casos em que a posição do objeto está à frente do ponto de vergência, o cálculo efetuado é o informado na equação 3.

$$z_i = z_{i-1} - k_z (d_d + d_e) \quad (2)$$

$$z_i = z_{i-1} + k_z (d_d + d_e) \quad (3)$$

Para o cálculo do movimento vertical (*tilt*), determina-se a distância vertical entre o centro do objeto encontrado e na imagem e o centro da imagem, nas duas imagens capturadas e assumindo o maior valor obtido como fator de correção. Com esse fator de correção  $y$ , o ângulo de movimentação vertical, definido como  $\theta_i$  na equação 4, foi ajustado multiplicando-se o coeficiente da movimentação do ângulo de *tilt* pelo valor máximo entre as distâncias das posições verticais dos centros dos objetos com o centro das imagens, subtraindo esse valor do obtido no instante de tempo anterior.

$$\theta_i = \theta_{i-1} - k_\theta y \quad (4)$$

As constantes de proporcionalidade existentes nas equações 1 a 4 ( $k_\phi$ ,  $k_z$  e  $k_\theta$ ) foram todas determinadas experimentalmente conforme as características físicas da cabeça robótica e seus servomotores.

O algoritmo de controle comanda a cabeça robótica visando centralizar os objetos nas imagens capturadas nas câmeras. A distância entre o centro da imagem e o centro do objeto tende a ser nulo nas duas imagens quando a cabeça robótica encontra o objeto e se movimenta para centralizá-lo. O algoritmo busca sempre esta configuração, mantendo o objeto localizado e a cabeça robótica voltada diretamente a ele. A figura 2 mostra o objeto capturado nas duas câmeras, com o seu centro localizado pela Transformada Generalizada de Hough e demarcado para melhor visualização.

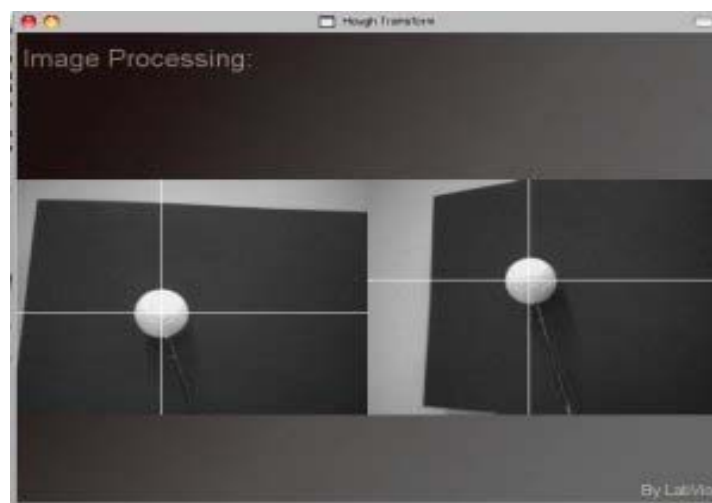


Figura 2. Captura do objeto nas duas câmeras da cabeça robótica

## RESULTADOS

O sistema apresentado foi implementado para simular o comportamento do sistema visual humano, buscando o entendimento de seu funcionamento e dos movimentos envolvidos no processo.

A captura das imagens foi realizada a uma taxa de quatro quadros por segundo, para não afetar o funcionamento dos servomotores utilizados na movimentação.

Uma versão preliminar do sistema foi demonstrada na EXPO-UT do campus Curitiba da Universidade Tecnológica Federal do Paraná do ano de 2008. Há um vídeo desta demonstração disponível em <http://www.youtube.com/watch?v=6y5o2R4908M>.

## DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

O trabalho aqui apresentado teve como foco o desenvolvimento de algoritmos de controle para um protótipo de cabeça robótica com visão estéreo, voltados para a detecção de objetos utilizando-se da Transformada Generalizada de Hough. Os algoritmos foram desenvolvidos através de uma biblioteca de funções de processamento de imagens própria, tendo sido desenvolvidas novas funções para o controle da cabeça robótica.

A utilização da Transformada Generalizada de Hough permitiu a verificação do funcionamento da cabeça robótica na simulação dos movimentos do sistema visual humano, sendo satisfatória no escopo deste projeto. Entretanto, nos experimentos observou-se uma lentidão no processamento das imagens devido ao fato do método utilizado ser consideravelmente intenso para esse tipo de aplicação.

O sistema apresentou resultados satisfatórios dentro dos objetivos propostos, porém, a taxa de atualização dos dados ainda não permite a utilização do protótipo em sistemas que necessitem rapidez em seu processamento. Para a correção deste problema, são propostos novos métodos de análise de imagens que utilizem fluxo óptico [4] e *shape from focus* [5], sendo que este último já encontra-se em estudo e implementação.

O aprimoramento do desenho mecânico da cabeça robótica também está em estudo e implementação, visando o aperfeiçoamento da sua estrutura, motores e acionamentos.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro do CNPq (processo número 479387/2007-9) para a realização deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

- [1] TRUCCO E.; VERRI, A. Introductory Techniques for 3-D Computer Vision. Prentice-Hall, 1998.
- [2] HOUGH, P. V. C. Machine analysis of bubble chamber pictures. Proceedings of the 16th International Conference on High Energy Accelerators and Instrumentation, pp. 554-556, 1959.
- [3] BALLARD, D. Generalizing the Hough transform to detect arbitrary shapes. Pattern Recognition, vol.13, no.2 , pp. 111-122, 1981.
- [4] TCHERNYKH, V.; BECK, M.; JANSCHKE, K. An embedded optical flow processor for visual navigation using optical correlator technology. Proceedings of the 2006 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp. 67-72, 2006.
- [5] NAYAR, S. Shape from focus system. Proceedings of the 1992 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 302-208, 1992.