

RECONHECIMENTO AUTOMÁTICO DE OBJETOS BASEADO EM COR E FORMA PARA APLICAÇÕES EM ROBÓTICA

GABRIEL M. ARAUJO¹, MERYELLE M. MENDONÇA², EDUARDO O. FREIRE²

¹*COPPE – Universidade Federal do Rio de Janeiro
Cidade Universitária – Ilha do Fundão, Caixa Postal 2324, Rio de Janeiro – RJ, CEP 20001-970*

²*Núcleo de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Sergipe
Av. Marechal Rondon, S/N, São Cristóvão – Sergipe, CEP 49100-000
E-mails: gmatos@uufs.com, mery_ufs@yahoo.com.br, efreire@uufs.br*

Abstract— In this paper a computational vision system, capable to recognize multiples robots in an image based on characteristics like color and form, is proposed. Circular visual landmarks over the robots are used, and each landmark has two colored labels, one identifies the team and the other identifies the robot. The Hough transform is used to recognize the circular landmarks. The robot identification is made through a processing based on colors using HSV model and logical operations. A qualitative comparison between the proposed system and other computational vision systems used by some robot soccer teams is presented.

Keywords— Computational vision, multiple robots recognition, robot soccer.

Resumo— Neste artigo é proposto um sistema de visão computacional capaz de reconhecer múltiplos robôs em uma imagem baseado em características de cor e forma. Para isso são utilizados marcos visuais circulares nos robôs. Cada marco possui duas etiquetas coloridas, uma identifica o “time” e a outra identifica o robô. Os robôs são reconhecidos pelos marcos circulares através da transformada de Hough. A individualização é feita através de um processamento baseado em cores usando o modelo HSV e operações lógicas. O sistema proposto é apresentado através de uma comparação qualitativa entre ele e outros sistemas de visão computacional propostos por alguns times de futebol de robôs.

Palavras-chave— Visão computacional, reconhecimento de múltiplos robôs, futebol de robôs.

1 Introdução

Visão robótica não é um problema trivial. Envolve estudos em diversas áreas como processamento de imagens, visão computacional e reconhecimento de padrões, dentre outras. O problema se torna mais difícil ainda quando se busca fazer o reconhecimento de múltiplos robôs de maneira rápida e exata. Com a proposta do futebol de robôs, esta linha de pesquisa cresceu bastante. A competitividade de um time de futebol de robôs está muito relacionada com a exatidão e a robustez do sistema de visão, pois, embora a parte “inteligente” do sistema seja a estratégia, esta última utiliza as informações provenientes do sistema de visão para a tomada de decisões. O domínio do futebol de robôs se apresenta como um desafio em visão computacional. Nele alguns times marcam os robôs duas cores. Uma para identificar o time e a outra, opcional, para identificar o jogador. Uma câmera posicionada acima do campo faz a aquisição da imagem do campo inteiro e estas são passadas aos times. Estas imagens contêm diversos problemas como ruídos e iluminação não uniforme. O sistema de visão deve então ser capaz de reconhecer cada robô e a bola neste ambiente em tempo hábil para prover as informações necessárias ao sistema de controle do time. Na literatura é possível encontrar várias formas de se abordar este problema. Alguns

times da Coreia, por exemplo, utilizam técnicas de rastreamento de objetos. Entretanto, boa parte dos times, principalmente os brasileiros, utiliza técnicas que se agrupam em três formas de reconhecimento: baseado em cores, baseado em forma, e baseado em cores e forma.

Com relação ao primeiro grupo o principal problema é a inconstância das cores. A cor aparente dos objetos muda à medida que se movem no plano da imagem e também quando muda a iluminação da cena. Outro limitante importante é a escalabilidade quanto ao número de cores que podem ser reconhecidas. Com relação ao problema da iluminação, pode ser visto em Konzen e Schneebeil (2007), Cerqueira et. al. (2006) e Bianchi e Reali-Costa (2000) algumas maneiras de diminuir os efeitos do ruído luminoso. Com relação à escalabilidade quanto ao número de cores, onde a quantidade de cores separáveis limita o número de robôs a ser identificados, é possível optar pelo reconhecimento baseado em formas.

Em Garcia et. al. (2007) é utilizado um esquema de reconhecimento baseado em formas, onde os marcos dos robôs são matrizes 4x4 cujas entradas são pretas ou brancas, e uma borda preta. Os marcos seguem padrões que identificam unicamente cada robô, bem como sua posição e orientação. Estes marcos são fornecidos pela biblioteca ARTToolkitPlus (Wagner e Schmalstieg, 2007). Esta abordagem per-

mite uma maior escalabilidade e conseqüentemente a capacidade de reconhecimento de enxames de robôs. Embora o reconhecimento por formas permita o reconhecimento de enxames, em aplicações onde se deseja detectar apenas alguns robôs, como é o caso do futebol de robôs, a detecção por cores permite uma solução simples e prática.

Contudo é possível associar as vantagens do reconhecimento baseado em cores com as do reconhecimento baseado em formas. Estes sistemas híbridos têm sido utilizados recentemente e um bom exemplo é o sistema apresentado por Martins et. al. (2007), que faz a identificação dos robôs e suas orientações através de reconhecimento baseado em forma e a individualização baseada em cores. O método proposto neste trabalho é similar ao proposto por Martins et. al. (2007). Em ambos se utiliza transformada de Hough para reconhecer os robôs e processamento baseado em cores utilizando o espaço HSV para individualizá-los. Contudo, devido ao marco visual utilizado neste outro (vide Fig. 1(e)) é necessário um processamento extra, baseado em árvore, para individualizar os objetos. Por outro lado, embora o processamento em cores seja feito no mesmo espaço de cores, a metodologia utilizada é bastante diferente.

Neste trabalho é proposto um sistema de visão que faz o reconhecimento de objetos baseado nas informações de cor e forma e é rápido o suficiente para viabilizar sua utilização em aplicações envolvendo múltiplos robôs. O sistema foi inicialmente projetado para o domínio de futebol de robôs. Contudo pode ser utilizado em qualquer situação onde se tem um controle baseado em retroalimentação visual e cujo objetivo consiste em fazer o reconhecimento de um ou mais robôs. O método proposto pode ser dividido em duas etapas. A primeira delas faz o reconhecimento baseado em formas através da transformada de Hough. Nesta etapa são determinados os centros dos marcos circulares (Fig. 1(f)), ou seja, dos robôs. Estes centros são utilizados para definir regiões de interesse correspondente aos robôs. A próxima etapa faz o reconhecimento baseado em cores nestas regiões para identificar individualmente os robôs bem como a orientação de cada um deles. O sistema foi implementado em C++ com o auxílio da biblioteca OpenCV (Intel, 2008).

Este artigo está dividido da seguinte forma. A Seção 2 trata do reconhecimento dos objetos, neste caso, dos robôs. Esta seção está subdividida em três partes. Na primeira, é feita uma discussão a respeito dos marcos visuais mais utilizados e é justificada a escolha do marco utilizado neste trabalho. Na segunda é feita outra comparação entre alguns trabalhos que utilizam formas para efetuar o reconhecimento em imagens e é mostrado como a transformada de Hough é utilizada neste trabalho para reconhecer os robôs na cena. Na terceira parte também é feita uma comparação entre alguns métodos de reconhecimento baseado em cores apresentados em outros trabalhos e é mostrado como o processamento em cores é utili-

zado neste trabalho para individualizar os objetos e determinar suas respectivas orientações no plano da imagem. A Seção 3 apresenta alguns resultados experimentais obtidos, demonstrando que o método proposto é capaz de reconhecer múltiplos objetos baseado em sua forma e cores, de forma rápida e com boa exatidão. Por fim, a Seção 4 traz algumas conclusões e perspectivas de trabalhos futuros.

2 Reconhecimento dos Objetos

2.1 Marcos Visuais

Antes de tratar da detecção dos objetos é interessante convencionar os marcos visuais utilizados nos robôs. No ambiente do futebol de robôs os marcos visuais normalmente apresentam duas cores. Uma delas representa o time e pode ser azul ou amarela (uma cor para cada time). A segunda cor, que identifica o jogador, é opcional e não pode ser azul, amarelo, nem laranja (reservado para a bola). Na Fig. 1, estão ilustrados diversos tipos de marcos utilizados nos últimos anos por alguns times. Na Fig. 1(a) está ilustrado o marco utilizado pela equipe da UFPR (Schwartz et. al., 2003). Na Fig. 1(b) Está um tipo de marco utilizado pelo time Y04 da FEI (Penharbel et. al., 2004a), (Penharbel et. al., 2004b). Com estes dois últimos marcos é simples efetuar o reconhecimento por cores, entretanto podem ocorrer alguns problemas de detecção dos indivíduos, principalmente quando os robôs estão encostados. Para superar isso, o time Guaraná (Costa et. al., 1999), vice-campeão da copa FIRA'98 na categoria MiroSot, utilizou uma borda preta no seu marco, como pode ser visto na Fig. 1(c). Já no marco ilustrado na Fig. 1(d), é mais fácil fazer um reconhecimento baseado em formas através da transformada de Hough para detecção de círculos. Este é o marco utilizado pelas versões mais antigas da equipe Poti (Cerqueira et. al., 2005) (embora a equipe Poti não faça reconhecimento baseado em formas) e pela equipe FEI-06 (Martins et. al., 2007). Este último marco também possibilita ambigüidades na localização dos indivíduos, exigindo processamento extra para a individualização. Por isso o time Futepoli (Bianchi e Reali-Costa, 2000), que também não faz reconhecimento baseado em formas, utiliza uma tarja preta entre os círculos do marco, como pode ser visto na Fig. 1(e).

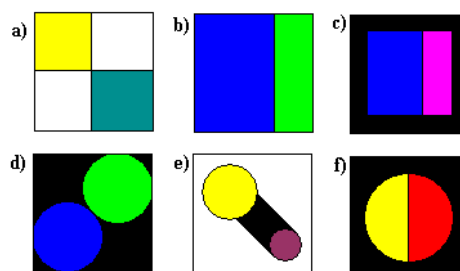


Figura 1. Marcos visuais utilizados por alguns times recentemente.

Neste trabalho é utilizado o reconhecimento baseado em formas para a localização dos robôs na imagem. Por isso são utilizados círculos nos marcos. Entretanto é utilizado apenas um círculo, o que reduz a quantidade de círculos a serem encontrados. O modelo de marco utilizado está ilustrado na Fig. 1(f). O reconhecimento baseado em cores permite a individualização sem ambigüidade, bem como a determinação da orientação e posição (não usada aqui).

2.2 Detecção dos Objetos Baseada em Forma

Em Garcia et. al. (2007) pode ser visto que marcos geométricos podem ser utilizados para detectar unicamente cada robô de um enxame (incluindo as posições e orientações). Ainda segundo Garcia et. al. (2007), sistemas baseados em cores não conseguem identificar mais que oito cores. Por outro lado, em Martins et. al. (2007) o reconhecimento baseado em formas é utilizado para a localização dos robôs na cena e determinação de suas respectivas orientações, enquanto a individualização se faz por um processamento baseado em cores. Ainda no sistema proposto por Martins et. al. (2007) os marcos são compostos por dois círculos coloridos (Fig. 1 (d)). Então, usa-se a transformada de Hough para encontrar todos os círculos da imagem. A partir dos centros dos círculos se determina posição e orientação dos robôs.

Os marcos escolhidos neste trabalho utilizam apenas um círculo, com o intuito de evitar os problemas relacionados com a quantidade de círculos a serem encontrados e a ambigüidade na individualização dos robôs. Assim, a determinação dos círculos é a primeira etapa do método proposto. Para isso é utilizada a transformada de Hough para detecção de círculos disponível na biblioteca OpenCV (Intel, 2008). A função que executa esta tarefa, *cvHoughCircles*, tem como um dos parâmetros, uma imagem em níveis de cinza e retorna a posição central e o raio dos círculos encontrados. Contudo, para facilitar a determinação dos círculos e evitar que sejam encontrados círculos indesejáveis, é feito um pré-processamento na imagem utilizada como entrada desta função. Inicialmente a imagem de entrada é convertida para o modelo de cores HSV. Em seguida os canais de saturação (canal S) e de luminância (canal V), são limiarizados (com limiares determinados empiricamente) e é feita uma operação AND entre as imagens limiarizadas. A imagem resultante então é suavizada, utilizando a função *cvSmooth* do OpenCV e finalmente submetida à transformada de Hough. Este esquema de pré-processamento permite selecionar apenas as regiões claras da imagem, cujas cores possuem uma pureza maior que determinado limiar eliminando grande parte do ruído (Matos et. al., 2007). Os centros dos círculos, ou seja, dos robôs, são então utilizados para delimitar uma região de interesse retangular do tamanho do robô no plano da imagem. É sobre esta região de interesse que é feito o rastreamento de cores para individualizar o robô e determinar sua orientação.

2.3 Individualização e Determinação da Orientação dos Objetos Baseada em Cores

A detecção dos objetos a partir das suas cores, apesar dos problemas da constância de cor e da escalabilidade, é o método mais usado no contexto da identificação de robôs móveis. Isso porque segmentar uma cor consiste em efetuar uma limiarização no espaço de cores (o que não é necessariamente simples). Contudo, é mostrado por Bianchi e Reali-Costa (2000), que as técnicas de limiarização estática do espaço RGB não são eficientes para separar regiões, visto que durante um período de tempo, o espaço de cores não forma regiões linearmente separáveis. Em geral, se faz uma calibração *off-line* para determinação dos limiares e, em alguns, casos são implementadas técnicas de processamento específicas para evitar os problemas de reconhecimento através das cores.

Em Bianchi e Reali-Costa (2000), por exemplo, é utilizado um sistema de rastreamento de cores, baseado na suposição de que em dado instante as cores dos objetos formam regiões linearmente separáveis no espaço de cores. Assim, a cada três quadros, é calculada uma média das cores dos objetos e esse valor é usado para atualizar os limiares de separação. Já em Cerqueira et. al. (2006), com o intuito de resolver o problema da robustez quanto à iluminação, o sistema desenvolvido pela equipe mapeia as componentes RGB da imagem em componentes LSC (Luminância, Saturação e Crôminância). Na calibração, são tomados intervalos dos atributos RGB e LSC correspondentes às cores utilizadas na partida. Durante o jogo é feita uma varredura à procura de *pixels* com atributos pertencentes a um destes intervalos. O time Guaraná, por sua vez (Costa et. al., 1999), utiliza em seu filtro as relações entre os canais RGB (G/B e R/G) para torná-lo tão independente da luminosidade quanto possível. Contudo, segundo Penharbel et. al. (2004b), esta abordagem ainda é menos robusta que o espaço de cores HSV.

No modelo RGB (do inglês *Red, Green e Blue*) as cores primárias estão associadas a eixos ortogonais. Com isso o espectro é representado vetorialmente através de três componentes. Contudo, este modelo apresenta dois problemas principais. Não representam bem a forma como os humanos percebem a cor, além de possuir as informações de cor muito correlacionadas com as de luminância. Isso dificulta a segmentação em imagens com iluminação não uniforme (Britto et al, 1997; Cheng et al, 2001). A Fig. 2 (a) ilustra o espaço de cores RGB.

Já no modelo HSV, do inglês *Hue, Saturation e Value*, utiliza os conceitos de crominância (tonalidade), saturação e luminância (brilho). A tonalidade representa a cor propriamente dita, a saturação representa o grau de pureza e a luminância, as informações do brilho da cor (Britto et al, 1997). Pode ser visto em Ohta (1980), um estudo comparativo de diversos sistemas de cores aplicados à segmentação por cor, onde o modelo HSV apresentou informações

de cor e luminância mais descorrelacionadas que no modelo RGB. Por isso, o modelo HSV é mais adequado para segmentação baseada em cores. O HSV possui duas desvantagens. Primeiro, são necessárias transformações não lineares para obtê-lo, o que demanda tempo de processamento. Segundo porque o mesmo possui uma descontinuidade no canal de cor, tornando-o instável em regiões onde a saturação é baixa ou luminância é extrema (próxima do preto ou branco) (Cheng et al, 2001; Kender, 1976). Com isso pequenas variações nos valores de entrada de R, G e B podem causar uma grande variação nos valores transformados (Ohta, 1980), (Cheng et al, 2001) e (Chaprn, 2002). A Fig. 2 (b) ilustra o espaço de cores HSV.

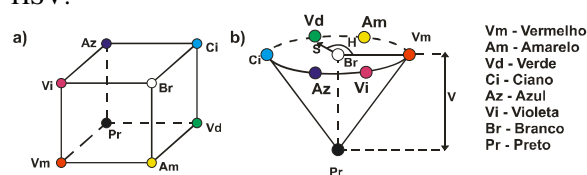


Figura 2. a) Espaço de cores RGB. b) Espaço de cores HSV.

Neste trabalho, o sistema HSV é utilizado diretamente, pois como pode ser visto em um trabalho prévio (Matos et. al., 2007), além das vantagens do HSV, utilizando os recursos atuais e a biblioteca OpenCV é possível efetuar a conversão RGB/HSV de forma rápida. Para fugir das transformações não lineares necessárias para efetuar a conversão RGB/HSV é proposto um esquema de filtragem que mapeia o espaço de cores HSV em RGB através de uma matriz de classificação. As cores padrões da cena são entradas desta matriz e conjuntos de valores RGB apontam para estas entradas.

Foi adotado ainda o mesmo esquema de rastreamento de cores, que utiliza limiarização dos canais H, S e V e operações lógicas entre as imagens resultantes da limiarização. Deste modo, é possível selecionar um *pixel* pela sua cor (correspondente ao canal H), como propriedade dominante, mas levando em consideração também seus atributos de pureza e brilho (correspondentes aos canais de saturação e luminância respectivamente). Contudo, esta técnica é aplicada apenas nas regiões de interesse definida pelos círculos, ao invés de toda a imagem como era feito em Matos et. al. (2007).

O processamento ocorre em três etapas. Primeiramente os canais H, S e V das regiões de interesse são limiarizados com limiares determinados empiricamente. Os limiares do canal H são intervalos de valores que representam a cor que se deseja selecionar (limiarização multinível). A limiarização do canal S seleciona os pixels com atributos de pureza maiores que determinado limiar. A limiarização do canal V elimina as regiões escuras, selecionando *pixels* com valores maiores que o limiar. Na segunda etapa são feitas operações AND entre as imagens resultantes da limiarização dos canais H, S e V. Como pode ser visto em Matos et. al. (2007) esta

técnica permite selecionar cores ao passo que filtra os ruídos provenientes do processo de aquisição da imagem, da iluminação não uniforme e da conversão RGB/HSV. Na Fig. 3 é ilustrado o procedimento descrito. Está exemplificado na Fig. 3(a) um disco de cores no qual será demonstrado o procedimento. Na Fig. 3(b) está o resultado da limiarização do canal de cores para o verde, na Fig. 3(c) o resultado da limiarização do canal S e na Fig. 3(d) resultado da limiarização do canal V. Por fim, na Fig. 3(e) está o resultado da operação AND entre as três imagens limiarizadas.

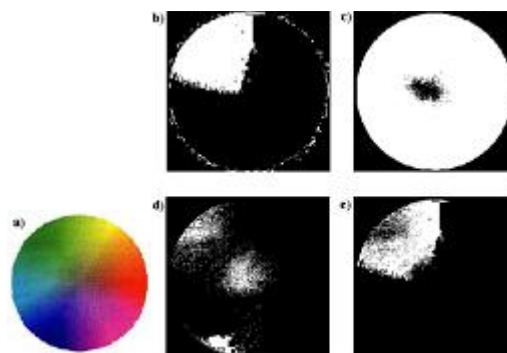


Figura 3. Segmentação baseada em cores utilizando o modelo HSV e operações lógicas.

O procedimento baseado em cores é repetido em cada região de interesse para todas as cores utilizadas nos marcos. Nesta etapa, são contadas as quantidades de *pixels* de cada cor nas regiões de interesse (função *cvCountNonZero* da OpenCV). De posse desta informação é possível individualizar os robôs.

Por fim é feita a determinação das orientações de cada robô na cena. Tal tarefa, também feita com o auxílio da biblioteca OpenCV, é executada através dos centros de área de cada região segmentada, obtidas a partir dos momentos espaciais (fornecidos pelas funções *cvMoments* e *cvGetSpatialMoment*). A inclinação do segmento de reta que une os centros das regiões coloridas do marco é igual à orientação do robô. Este procedimento pode ser visto Na Fig. 4. Na Fig. 5 é apresentado o fluxograma completo do sistema de visão proposto.

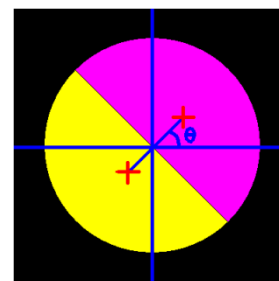


Figura 4. Obtenção da orientação do robô.

3 Resultados Experimentais

Como o intuito do sistema proposto é evitar ao máximo a manipulação do ambiente, a aquisição das imagens foi realizada em uma sala com condições físicas e de iluminação comumente encontradas em

qualquer ambiente fechado, sem nenhum tipo de preparação prévia. Tal ambiente estava iluminado por lâmpadas fluorescentes e o piso que serviu de fundo possui uma granularidade que parece com um ruído tipo “sal e pimenta”, que reflete parcialmente a iluminação, caracterizando um ambiente com iluminação não uniforme. Para os marcos, foi utilizada a cor amarela para a cor do time e as cores verde, ciano, violeta e vermelho para os indivíduos. Na Fig. 6 é possível ver uma imagem do ambiente no qual os experimentos foram executados.

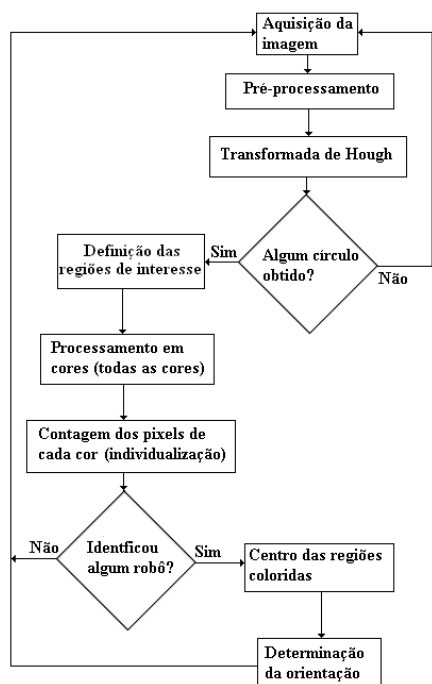


Figura 5. Fluxograma do sistema proposto.

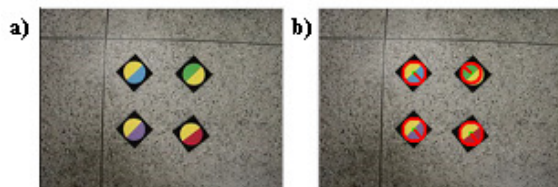


Figura 6. Ambiente no qual os experimentos foram executados.

Os algoritmos de processamento foram implementados em linguagem C++, com o auxílio da biblioteca OpenCV (INTEL, 2008) e foram executados em um computador do tipo PC com processador Pentium 4, 2,4 GHz e 512 MB de memória RAM. Embora o sistema seja capaz de rodar com uma *webcam*, para a aquisição foi utilizada uma câmera Sony, modelo cybershot S40, na resolução VGA (640x480 pixels). Deste modo, foi gerado um arquivo de extensão avi, de aproximadamente um minuto de duração a uma taxa de 25 fps. Assim, diversos algoritmos podem ser testados sob as mesmas condições.

Os marcos foram mantidos estáticos e a cada quadro as posições e orientações de cada robô foram calculadas. Os limiares utilizados no processamento em cores foram $L_I=100$, para o canal de Luminância, $L_S=60$ para o canal de Saturação, e os limiares do canal H foram $L_{HA1}=20$ e $L_{HA2}=30$ para a cor amare-

la, $L_{HV1}=50$ e $L_{HV2}=70$ para a cor verde, $L_{HC1}=90$ e $L_{HC2}=110$ para a cor ciano, $L_{HM1}=125$ e $L_{HM2}=145$ para a cor violeta e $L_{HR1}=160$ e $L_{HR2}=180$ para a cor vermelha. Todos estes limiares foram obtidos empiricamente. Os desvios padrões associados às medições de posição e orientação de cada robô, (segundo sua cor), podem ser observados na Tabela 1. Pode ser observada também a taxa de falha no reconhecimento para cada robô. A taxa de falha representa a porcentagem de quadros nos quais o respectivo robô não é detectado. Foi observado que a taxa de falhas depende tanto dos limiares, quanto de variações grandes e bruscas de iluminação do ambiente. O tempo médio de execução do laço principal do programa é de 28 ms (considerando o computador usado nos testes). A precisão dos dados é de $\pm 0,1$ pixel para as posições e de $\pm 0,1$ grau, para o ângulo de orientação do robô.

Analisando a tabela 1, é possível perceber que a precisão do sistema, bem como a taxa de falha no reconhecimento dos robôs, são dependentes da cor. Embora a taxa de falhas tenha sido alta em alguns casos (como na detecção do robô verde), desde que os erros não ocorram em seqüência, isso não se caracteriza como um problema. Foi observado que estes erros em bloco ocorrem quando há uma variação grande e brusca de luminosidade. Outra desvantagem do sistema é a relação da precisão do sistema com a cor. Essa dependência ocorre principalmente em função da câmera utilizada. Contudo é possível reduzir essa dependência através da escolha dos limiares, adotando intervalos de limiares maiores para as cores que possuem menor precisão.

Tabela 1: Desvios padrões associados às medições de posição e orientação de cada robô.

Robô	σ_x (pixel)	σ_y (pixel)	σ_θ ($^\circ$)	Taxa de falha (%)
Verde	3,4	0,5	7,2	10,4
Ciano	0,3	2,1	3,7	3,8
Violeta	0,5	0,6	1,6	3,0
Vermelho	0,2	0,6	1,0	7,4

4 Conclusões e Perspectivas

Este trabalho apresentou um método para reconhecimento de múltiplos objetos baseado nas características de cor e forma. Como o sistema apresentado é capaz de obter bons resultados e de ser executado a intervalos de tempo curtos, é bastante indicado para ser utilizado em futebol de robôs e outras aplicações com sistema de controle baseado em retroalimentação visual.

O método proposto foi descrito estabelecendo comparações qualitativas com outras metodologias utilizadas nos sistemas de visão de alguns times de futebol de robôs encontradas na literatura.

O sistema utiliza reconhecimento de círculos baseado na transformada de Hough para identificar os robôs e um processamento baseado em cores para individualizá-los e determinar suas orientações. Em-

bora sejam utilizados apenas quatro robôs, o sistema pode ser utilizado para uma quantidade maior. Da forma como está, o sistema é capaz de ser executado em intervalos de tempo curtos com boa precisão e taxa de erro aceitável (vide tabela 1).

Com relação a trabalhos futuros será feita uma comparação mais aprofundada de diversas técnicas utilizadas no reconhecimento de robôs em imagens. Estas técnicas, ou até mesmo variações delas serão implementadas, e os seus resultados serão comparados quantitativamente (incluindo tempo de execução, taxa de falhas, etc.). Será feito ainda um estudo sobre a fusão de dados das saídas destes sistemas para que eles trabalhem de forma complementar, reduzindo a taxa de falha. Pretende-se ainda utilizar robôs reais nos experimentos, pois diversos problemas relacionados à detecção de robôs reais não foram abordados neste trabalho.

Agradecimentos

Os autores desejam agradecer ao CNPq e à UFS pelo apoio através da concessão de bolsa de iniciação científica do PIBIC e ao CENPES/PETROBRAS pelo apoio financeiro.

Referências Bibliográficas

- Bianchi, R. A. C., Reali-Costa, A. H. (2000). O sistema de visão computacional do time Futepoli de futebol de robôs. Anais do XIII Congresso Brasileiro de Automática – CBA. Florianópolis – SC, Brasil.
- Britto JR. A. S., Facon J., Neto A. C. (1997). Uso da análise de componentes principais na segmentação de imagens coloridas. In: XXIX Congresso da Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional, Salvador. Anais do XXIX SBPO.
- Cerqueira, A. C. T., Lins, F. C. A., Pereira, J. P. P., Alsina, P. J., Medeiros, A. A. D. (2005). O time Poti de futebol de robôs da UFRN. Latin America IEEE Robotics Symposium, 2005, São Luis, MA, Brasil. Proceedings of IEEE-LARS 2005, 2005. v. 1.
- Cerqueira, A. C. T., Lins, F. C. A., Medeiros, A. A. D., Alsina, P. J. (2006). A versão 2006 da equipe POTI de futebol de robôs. II JRI – Jornada de Robótica Inteligente. Campo Grande – MS, Brasil.
- Cheng H. D., Jiang X. H., Sun Y., Wang J. (2001). Color image segmentation: advances and prospects. Pattern Recognition, v. 34, # 12, pp. 2259-2281(23).
- Chaprn M. (1992). A new chromatic edge detector used for color image segmentation. Proceedings of 11th IEEE Internal Conference on Pattern Recognition, v.3, pp. 311-314.
- Costa, A. H. R., Pegoraro, R., Stolfi, G., Sichman, J. S., Pait, F. M., Ferasoli Filho, H. (1999) Guaraná robot-soccer team: some architectural Issues. *FIRA Robot World Cup France'98 Proceedings*, 29th. Federation of International Robot Soccer Association (Paris, França, July 1999), Fira, pp. 43-49.
- Garcia, R. F., Shiroma, P. M., Chaimowicz L., Campos, M. F. M. (2007). Um arcabouço para Localização de enxames de robôs. Anais do VIII Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente – SBAI. Florianópolis – SC, Brasil.
- INTEL. OpenCV Reference Manual. Disponível em: <<http://opencvlibrary.sourceforge.net/>>. Acesso: 03 de janeiro de 2008.
- Kender J. (1976). Saturation, Hues and Normalized Color: cauculation, digitization effects and use. Technical Report, Departament of Computer Science, Carnegie-Mellon University.
- Konzen, A., Schneebeli, H. A. (2007). O problema da constância de cor em visão computacional. Anais do VIII Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente – SBAI. Florianópolis – SC, Brasil.
- Martins, M. F. ; Tonidandel, F. ; Bianchi, R. A. C. (2007). Towards Model-based Vision Systems for Robot Soccer Teams. In: Pedro Lima. (Org.). *Robotic Soccer*. 1 ed. Vienna: I-Tech Education and Publishing, 2007, v. 1, p. 95-108.
- Matos, G., Mendonça, M., Freire, E., Montalvão, J., Matos, L. (2007). Sistema de visão artificial baseado em detecção de cores (para sistemas de controle de robôs celulares com realimentação visual). Anais do VIII Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente – SBAI. Florianópolis – SC, Brasil.
- Ohta Y. (1980). Color information for region segmentation. *Computer Graphics and Image Processing*, v.13, pp. 222-241.
- Penharbel, E. A., Martins, M. F., Fazolin, A., Gurzoni Jr, J. A., Eduardo, H., Debia, T., Pereira, V. F., Destro, R. C., Tonidandel, F., Bianchi, R. A. C. (2004a). Time de futebol de Robôs Y04 do centro universitário da FEI. I Jornada de Robótica Inteligente – Encontro Nacional de Robótica Inteligente. Anais do XXIV Congresso da Sociedade Brasileira de Computação. Salvador – BA, Brasil.
- Penharbel, E. A., Destro, R. C., Tonidandel, F., Bianchi, R. A. C. (2004b). Filtro de imagem baseado em matriz RGB de cores-padrão para futebol de robôs. I Jornada de Robótica Inteligente. Anais do XXIV Congresso da Sociedade Brasileira de Computação. Salvador – BA, Brasil.
- Schwartz, W. R., van Kaick, O. M., Silva, M. V.G., Pedrini, H. (2003). Reconhecimento em tempo real de agentes autônomos em futebol de robôs. Anais do VI Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente – SBAI. Bauru – SP, Brasil.
- Wagner, D. , Schmalstieg, D. (2007). Artoolkitplus for pose tracking on mobile devices, *Computer Vision Winter Workshop*, St. Lambrecht, Austria.