

## **POSICIONAMENTO INTELIGENTE DE UM BRAÇO ROBÓTICO SOBRE UM TABULEIRO DE XADREZ**

**Cristiany N. Moscoso do Amaral Ferreira**

**José Homero F. Cavalcanti**

**Everaldo Fernandez Monteiro**

Universidade Federal da Paraíba – CCT/COPIN/NEUROLAB

Av. Aprígio Veloso, 882 – Campus – 58.109-970 Campina Grande, PB

E-mails: (moscoso, homero)@dsc.ufpb.br

**José Ricardo da Silva Ferreira**

Universidade da Amazônia – CCEN/Dpto de Informática

Av. Alcindo Cacela, 287 – 66060-000 – Belém, PA

E-mail: ricardoferreira@ieee.org

**Pablo Javier Alsina**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte – CCT/DEE/LECA

Campus Universitário – Lagoa Nova – Natal, RN

E-mail: pablo@leca.ufrn.br

***Resumo.** Este artigo apresenta o protótipo de um sistema robótico desenvolvido para a manipulação de objetos por um braço robótico empregando técnicas de Inteligência Artificial (IA). Apresenta-se o protótipo do robô e o Sistema Inteligente que emprega Lógica Fuzzy e Base de Conhecimento para efetuar o controle do robô. Em seguida apresenta-se o uso do sistema robótico na solução do problema de movimentação de peças em um tabuleiro de xadrez, finalizando com a apresentação dos resultados experimentais obtidos.*

***Palavras-chave:** Sistemas inteligentes, Robótica e Lógica fuzzy.*

### **1. INTRODUÇÃO**

Atualmente os robôs possuem liberdade para realizar determinadas tarefas de acordo com o meio em que estão inseridos, como por exemplo, na exploração espacial, na manipulação de amostras (ampolas) em análises biomédica e outros. Esses robôs devem perceber o meio em que estão inseridos e modificar suas ações para realizar tarefas específicas, através de um comportamento inteligente. Um dos temas de grande interesse na robótica, é o posicionamento de braços robóticos durante a execução de uma tarefa de manipulação de objetos. Muitas tarefas exigem que os movimentos sejam executados dentro de um tempo e uma trajetória rigorosamente precisos. Porém, algumas vezes as tarefas a serem executadas não necessitam de tal precisão, mas por outro lado necessitam de um grau de adaptabilidade e flexibilidade próximo aos encontrados nos seres humanos. Portanto, o estudo de técnicas que em-

pregam a adaptabilidade em sistemas robóticos se mostra interessante principalmente quando se necessita que esses sistemas desempenhem tarefas nocivas aos seres humanos e que apresentem um comportamento variável. A manipulação de amostras em laboratórios de análise clínica se enquadra neste tipo de tarefa. Entretanto é possível apresentar um estudo de sistemas robóticos através de problemas semelhantes com fácil adaptação para esses ambientes atípicos e que pelas próprias características, não suportam a presença de terceiros.

Apresenta-se um sistema robótico projetado para o posicionamento de peças de xadrez em um tabuleiro, descrevendo-se todas as partes do protótipo do manipulador robótico com três graus de liberdade e uma garra (ver Fig. 1), bem como o Sistema Inteligente (SI) responsável pelo controle inteligente do braço. O SI é composto por uma base de conhecimento, onde estão armazenadas as informações para localização de todas as posições do tabuleiro em forma de regras; um módulo Fuzzy (Zadeh, 1988) que permite a inferência adaptável sobre as regras. Apresenta-se também uma análise dos resultados experimentais obtidos.



Figura 1 - O robô AUTOXAD.

## 2. ARQUITETURA DO AUTOXAD

O AUTOXAD é composto de uma base, três braços (S1, S2 e S3) e uma garra (ver Craig, 1986), conforme ilustrados na Fig. 3. As juntas dos braços são acionadas por motores de passo, sendo que a junta 1, responsável pelo movimento do braço S1, gira em torno da normal ao Eixo Base (ver Fig. 2), executando movimentos para a direita e esquerda. A junta 2, responsável pelo movimento do braço S2, executando movimentos para cima e para baixo e a junta 3, responsável pelo movimento do braço S3, executando movimentos também para cima e para baixo. A localização dos motores (M1, M2 e M3) é ilustrada na Figura 3. O motor M1 movimenta o braço S1 através de um conjunto de roldanas. O motor M2 preso a base do braço S1 movimenta o braço S2 com um sistema de transmissão por cabos, e o motor M3 preso ao braço S2 movimenta o braço S3 também com um sistema de transmissão por cabos. O braço S3 possui uma garra eletromagnética (eletroímã) em sua extremidade.

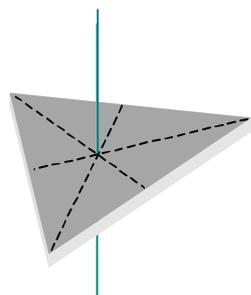


Figura 2 - O Eixo Base.

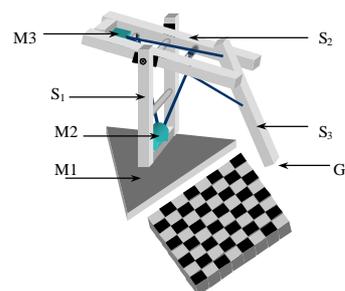


Figura 3 - O Desenho do AUTOXAD.

### 3. O AMBIENTE DE TRABALHO DO AUTOXAD

Convencionou-se que a frente do tabuleiro deve ser paralela ao lado frontal do triângulo equilátero da base (ver Fig. 4). Além disso, a reta perpendicular a esse lado deve passar pelo centro do tabuleiro dividindo-o em dois lados (lado da dama e lado do rei). Esses posicionamentos são necessários devido a análise de simetria que será feita para especificar os estados do sistema.

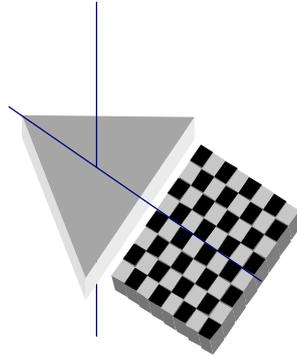


Figura 4 Posição das Estruturas.

O tabuleiro é formado por oito colunas e oito linhas, ou seja sessenta e quatro casas. As colunas do tabuleiro foram nomeadas como  $T_D$ ,  $C_D$ ,  $B_D$ ,  $D$ ,  $R$ ,  $B_R$ ,  $C_R$  e  $T_R$ , onde T representa a coluna da torre, C representa a coluna do cavalo, B representa a coluna do bispo, D representa a coluna da dama e R representa a coluna do rei. O subscritor  $_D$  e  $_R$  indica a representação dos lados do tabuleiro, ou seja, lado da dama e lado do rei. As linhas foram enumeradas de um a oito. Cada casa é identificada pelo número da linha e da coluna, por exemplo,  $3C_D$ ,  $5R$ ,  $8T_R$ .

Analisando-se o tabuleiro pode-se chegar a algumas conclusões, sobre, a simetria entre os dois lados. Por exemplo, se o AUTOXAD estiver posicionado no ponto X, marcado na Fig. 5 (no encontro das linhas tracejadas), o movimento para a coluna D é simétrico ao movimento para a coluna R, pois o manipulador utilizará apenas o motor M1 (da base) para deslocar a garra a uma das duas colunas. Partindo-se dessa análise é possível observar que todas as colunas de um lado do tabuleiro possuem uma coluna simétrica.

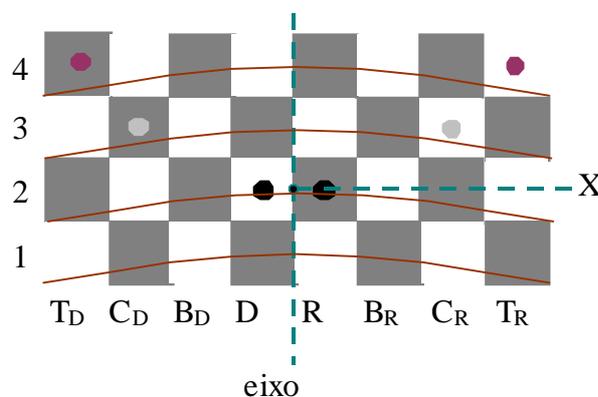


Figura 5 - Casas simétricas na mesma linha.

Fazendo-se, agora, uma análise nas linhas do tabuleiro observa-se que existem linhas simétricas entre os dois lados, de cada jogador, no tabuleiro. Porém, essa simetria é obtida com

o movimento dos motores M2 e M3, o que dificulta a utilização desta simetria em uma implementação prática.

Supondo-se que o manipulador está posicionado na casa 4R e que deseja-se movimentá-lo para a casa 4B<sub>R</sub>, então será necessário modificar o posicionamento dos braços S2 e S3, ou seja, para executar este movimento na mesma linha será necessário acionar o motor M2 para cima e M3 para baixo. Considera-se o movimento igual para todas as colunas (R→B→C→T).

#### 4. O SISTEMA INTELIGENTE (SI)

A cada movimento do AUTOXAD foi associada uma meta ou objetivo. A meta do sistema foi planejada, a partir da analogia de uma situação do mundo real, isto é, baseou-se na observação dos movimentos realizados por um jogador de xadrez. Com isso, foi possível predefinir uma seqüência de movimentos necessários para a realização da meta desejada. Definiu-se quatro estratégias: IDENTIFICA, PEGA, MOVE E SOLTA. A estratégia IDENTIFICA, localiza a posição da peça; PEGA, movimenta o robô para a posição desejada e pega a peça; MOVE, movimenta a peça para a casa desejada; e SOLTA, a garra solta a peça no lugar determinado.

Essas estratégias foram implementadas em forma de tarefa para que fosse possível executá-las através de um escalonamento em tempo real. A cada tarefa foi associado um descritor. Os descritores são representados pela declaração descr(id,st,temp,freq) onde, id é a identificação da tarefa; st, indica o estado da tarefa (executando=-1, bloqueada=0, e pronta=1); tempo, o tempo de ativação da tarefa em ms; e freq, intervalo de tempo em que a tarefa será novamente ativada (Cavalcanti e Alsina, 1997).

Observou-se que para que o SI possa movimentar corretamente o braço, o sistema dependerá de um conhecimento prévio de seu ambiente de trabalho, isto é, deverá ter o conhecimento do tabuleiro e suas casas, as peças utilizadas no jogo, a posição inicial da garra no tabuleiro (centro), e outras informações. Isto significa que o sistema necessita de uma base de conhecimento composta por dados e regras para que o manipulador consiga alcançar a sua meta com êxito. A base de conhecimento deverá também receber as posições simétricas existentes.

A cada movimento das peças no tabuleiro de xadrez foi associado uma casa fonte e uma casa destino. Por exemplo, 3C<sub>D</sub> -> 3B<sub>R</sub>, indicando o movimento de uma peça vinda da terceira linha da coluna do cavalo da dama (fonte) para a terceira linha da coluna do bispo do rei (destino). Foram associados variáveis Fuzzy a essas especificações.

Para as colunas foram associadas duas variáveis, uma discreta ( $\theta_c$ ) e uma variável fuzzy ( $\theta_{cf}$ ) (variável linguística). O conhecimento da posição de cada coluna no tabuleiro é baseada no conhecimento do tabuleiro e na função de pertinência (ver Fig. 6). O mesmo foi feito para o conhecimento das linhas.

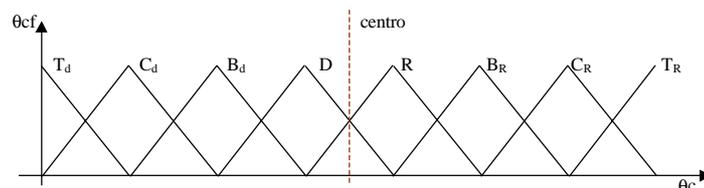


Figura 6 - Função de pertinência da posição da coluna.

O posicionamento da garra e das peças sobre o tabuleiro é verificado por um sistema de visão não descrito neste trabalho. Foram desenvolvidas algumas regras nebulosas (ver quadro

1) para o reconhecimento das casas fontes e destino durante o movimento de peças no tabuleiro.

Inicialmente deve-se especificar o posicionamento das casas fonte e destino. Por exemplo, sabendo-se que a peça\_fonte está em 3C<sub>D</sub> e a casa\_destino é 3B<sub>R</sub>, o AUTOXAD detecta que lado\_fonte = D, lado\_destino =R, linha\_fonte=3, linha\_destino=3, coluna\_fonte=C e coluna\_destino=B. A SIMETRIA no movimento da peça da sua casa fonte para a casa destino pode ser encontrada utilizando-se o conjunto de regras abaixo.

```

SIMETRIA=0
if (posicionado) //Garra posicionada sobre uma casa
then
  if(linha_fonte == linha_destino) //Casas fonte e destino na mesma linha
  then
    if(lado_fonte != lado_destino) //Lados da dama e do rei
    then
      if(coluna_fonte==coluna_destino || coluna_fonte==R || coluna_fonte==D)
      then SIMETRIA = 1
  
```

Conhecendo-se a existência de SIMETRIA no movimento da garra a seguinte regra Fuzzy e sua tarefa associada representam o movimento do motor da base do AUTOXAD.

```

if (SIMETRIA==1)
then motor base (M1)
  
```

No caso de SIMETRIA=0 (não há simetria), o movimento do AUTOXAD deverá ser feito pelos motores M1, M2 e M3. A Figura 7 ilustra um possível movimento de peças entre as casas 3B<sub>R</sub> para 3C<sub>R</sub>. O AUTOXAD movimenta os três motores para ajustar o posicionamento da peça. Ele desloca o motor base (M1) na direção da casa\_destino. A seguir, ele movimenta o braço S2 para cima e o braço S3 para baixo, posicionando a garra sobre a casa 3C<sub>R</sub>. O mesmo tipo de movimento é feito para o posicionamento nas casas da mesma linha sem simetria. A implementação dos comandos foi feita utilizando tarefas em tempo real para acionamento dos motores de tal forma que uma tarefa pode possuir um conjunto de comandos de movimentação dos motores. Um comando é representado no sistema pela declaração posição(M1, M2 e M3). Onde M1, M2 e M3 são os valores a serem utilizados durante o movimento dos motores M1, M2 e M3, respectivamente. Na TABELA 1 apresentam-se resultados experimentais obtidos no movimento da garra entre as posições fontes e destino especificadas.

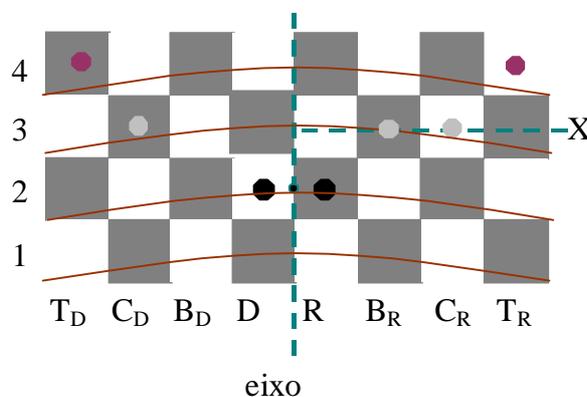


Figura 7 - Casas simétricas na mesma linha.

Tabela1. Comando de posicionamento do AUTOXAD

Posição_Fonte	Posição_Destino	Comando
1D	8CR	posição(30,-40,40)
2R	2CR	posição(-20,15,20)
3TR	5D	posição(-10,-15,30)
4R	6TD	posição(-35,-5,15)
5TD	1BR	posição(38,25,-15)

## 5. CONCLUSÃO

Neste trabalho apresentou-se o projeto, implementação e resultados experimentais obtidos do protótipo de um robô de três graus de liberdade desenvolvido para o posicionamento de um manipulador robótico. Utilizou-se um tabuleiro de jogo de xadrez como plataforma de testes do robô. Apresentou-se detalhes do Sistema Inteligente, baseado em Lógica Fuzzy, que foi desenvolvido para o controle do robô. Utilizando-se o Sistema Inteligente mostrou-se que é possível o posicionamento do braço do robô somente baseado em simetrias e na interação com o operador. No nosso laboratório está sendo desenvolvido o sistema de visão para indicar o posicionamento das peças no tabuleiro de xadrez.

O uso da Lógica Fuzzy, além de utilizar variáveis lingüísticas semelhantes às empregadas pelos operadores de robôs, permitiu a aplicação do robô em sistemas tridimensionais sem o conhecimento formal da posição do robô e das peças no espaço. Pretende-se adaptar o robô para ser aplicado na manipulação de amostras em laboratórios de análise clínicas.

## REFERÊNCIAS

- Cavalcanti, J. H. F. e Alsina, P. J., 1997, Load Exchange Between two Robots, Workshop on Intelligent Robotcs – WRI'97, Brasília, Agosto de 1997, Pp. 80-88.
- Craig, John J., 1986, Introduction to Robotic Mechanics & Control, Addison-Wesley Publishing Company.
- McComb, Gordon, 1987, Robot Builder's Bonanza 99 Inexpensive Robotics Projects, McGrawHill.
- Zadeh L.A. (1988). Fuzzy Logic, *IEEE Computer Mag.* April 1988, pp83-93. Publicado também In: Anderson, J.A.; Rosenfeld, E. (Ed.) *Neurocomputing Foundations of Researchs*, pp.177-194, The MIT Press, Cambridge, USA.

## Title: INTELLIGENT POSITION OF A ROBOTIC MANIPULATOR ON CHESS TABLE

**Abstract.** *This paper presents a robotic system prototype designed to manipulate objects by a robotic manipulator using artificial intelligence techniques. It presents a robot prototype and an intelligent system that uses fuzzy logic and based-knowledge to achieve the robot control. Next, it presents chess' piece manipulation problem using the robotic system. The obtained experimental results are presented.*

**Palavras-chave:** *Intelligent systems, Robotic and Fuzzy logic.*