CONTROLE DE TRAJETÓRIA DE MANIPULADORES ROBÓTICOS UTILIZANDO INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Mariângela Martin Lindquist[1], Tarcísio de Assunção Pizziolo[2]

Abstract *— The use of robotic manipulators in industrial processes takes place in large scale. But their development and construction require high costs. Thus, the use of a simulator to predict the behavior of these devices is necessary, in order to lower costs for both development and for educational use. It has been developed a simulator that allows the study of kinematics, control and programming of a 3 degree freedom robotic arm that can move to pre-established coordinates and a avoid collisions with objects along the path. This software was developed in Windows environment using C++ programming language and OpenGl, which is a 2D and 3D graphics application programming interface.*

Index Terms — artificial intelligence, robotic manipulators, robotics, robotics simulations, simulator.

INTRODUÇÃO

Manipuladores robóticos são utilizados em processos de manufatura, embalagem, seleção de materiais ou de controle da qualidade, dentre outros. Em função do alto custo e complexidade para construção de um manipulador robótico, o uso de simuladores para prever seus movimentos, espaço de trabalho e aperfeiçoamento em seus mecanismos, são aplicados para o estudo do projeto de sua fabricação.

Dentro deste contexto, a necessidade de se implementar uma ferramenta didática de baixo custo capaz de atender os requisitos mínimos de um estudo sobre manipuladores robóticos, motivou o desenvolvimento de um programa computacional simulador que permite o estudo sobre cinemática, configurações, programação e controle destes manipuladores. Para o aprimoramento do aplicativo foram criadas ferramentas computacionais para um estudo mais detalhado da relação do robô com o meio ao qual ele está inserido realizando uma análise de seu desempenho.

OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um sistema de controle de trajetória de manipuladores robóticos utilizando inteligência artificial.

MATERIAIS E MÉTODOS

O software simulador foi construído utilizando a linguagem de programação C++ e rotinas da biblioteca gráfica OpenGL [1][4]. Através do estudo das cinemáticas direta e inversa, aplicando-se o método de Denavit-Hartenberg [2] [3], foi possível obter equações que indicam as coordenadas cartesianas em que se encontra o efetuador do robô em função dos ângulos de rotação e das dimensões de seus elos.

Como mostrado na Figura 1, é possível relacionar a cinemática direta do manipulador com a inversa. [5]

FIGURA. 1
RELAÇÃO ENTRE CINEMÁTICA DIRETA E INVERSA

As equações utilizadas para encontrar as coordenadas cartesianas x, y e z, encontram-se abaixo, em (1), (2) e (3):

$$x = \cos(a)) \cdot (L2 \cdot (\cos(b)) + L3 \cdot (\cos(c)). \quad (1)$$

$$y = \sin(a)) \cdot (L2 \cdot (\cos(b)) + L3 \cdot (\cos(c)). \quad (2)$$

$$z = L1 + L2 \cdot \sin(b) + L3 \cdot \sin(c). \quad (3)$$

Onde:
L1= Comprimento da base do manipulador.
L2= Comprimento do ombro do manipulador.
L3= Comprimento do cotovelo do manipulador.
a= Ângulo de rotação da base.
b= Ângulo de rotação do ombro.
c= Ângulo de rotação do cotovelo.

Através dos ângulos de rotação em que o efetuador do braço se encontra e através das coordenadas cartesianas que o obstáculo possui, pode-se prever em que ângulo ocorrerá a colisão, como observado na Figura 2.

1- Mariângela Martin Lindquist, Graduanda em Engenharia Mecânica (bolsista CNPq) – UFV, 36570.000, Viçosa, MG, Brasil, marilindquist@yahoo.com.br
2- Tarcísio de Assunção Pizziolo, Assessor Especial de Pró Reitoria de Ensino, Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Elétrica - DEL – UFV, 36570.000, Viçosa, MG, Brasil, pizziolo@ufv.br

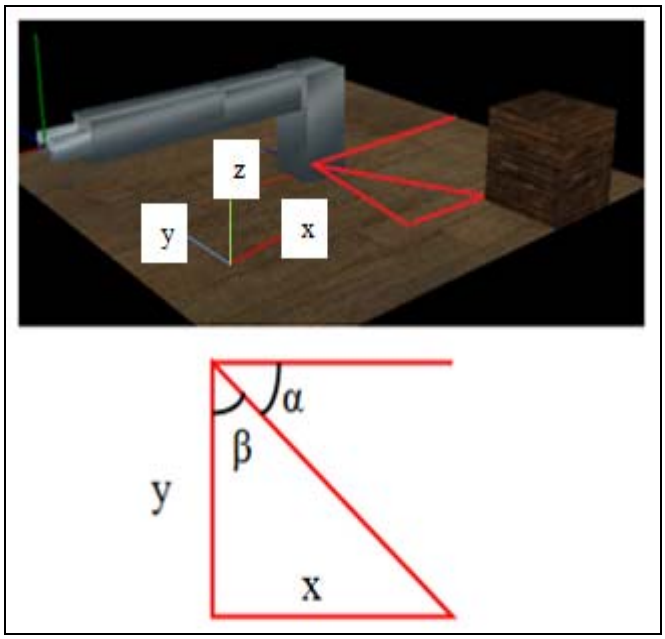

FIGURA. 2
ÂNGULO DE DESVIO HORIZONTAL

As equações (4), (5) e (6) mostram como foi calculado o ângulo horizontal γ, que é o ângulo entre a posição inicial do braço e o local em que ocorreria a colisão entre o obstáculo na posição ilustrada acima e o manipulador.

Analisando o triângulo da Figura 2, obtemos:

.

$$\beta = ATAN\left(\frac{x}{y}\right) \qquad (4)$$

Onde:

x= menor distância entre o plano vertical YZ que passa pelo centro da base do manipulador e o vértice (do obstáculo) mais próximo a esse plano.

y= menor distância entre o plano vertical XZ que passa pelo centro da base do manipulador e o vértice (do obstáculo) mais próximo a esse plano.

$$\alpha = 90^{\circ} - \beta \qquad (5)$$

$$\gamma = 180^{\circ} - \alpha \qquad (6)$$

Seguindo o mesmo raciocínio pode-se obter o ângulo de colisão em todos os quadrantes.

Foi desenvolvida também uma equação para calcular o ângulo mínimo que o manipulador deveria se desviar verticalmente. Esta equação depende do tamanho escolhido para o obstáculo e da distância entre o ponto do obstáculo mais próximo do centro e a base do braço.

Na Figura 3, encontra-se em destaque o triângulo retângulo utilizado para equacionar o desvio vertical do manipulador.

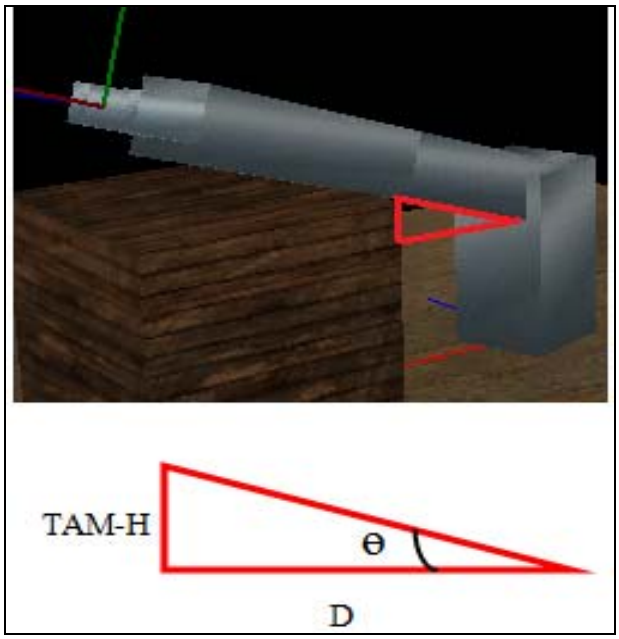

FIGURA. 3
ÂNGULO DESVIO VERTICAL

A equação (7) mostra como foi encontrada a distância D mínima entre a base do manipulador e o vértice do obstáculo que se encontra mais próximo à base.

$$D = \sqrt{x^2 + y^2} \qquad (7)$$

Onde x e y representam os mesmos valores que indicados na Figura 1.

A equação (8) mostra como foi calculado o ângulo vertical mínimo θ, que o ombro deve estar inclinado em relação à sua posição horizontal.

$$\theta = ATAN\left(\frac{TAM-H}{D}\right) \qquad (8)$$

Onde:

TAM= tamanho da aresta do cubo.

H= distância do chão até o ombro do manipulador.

Todas as equações foram elaboradas inicialmente como indicado nas Figuras 2 e 3, considerando o braço como uma linha.

Para considerar todas três dimensões, foram analisados fatores de correção e somados aos resultados das equações, para que o desvio ocorre-se corretamente. Estes fatores foram obtidos utilizando o mesmo principio que as equações acima descritas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O software, mostrado na Figura 8, pode ser acessado através de um computador com sistema operacional Windows®. Nele se encontra o manipulador robótico articulado de 3 graus de liberdade, que foi programado para identificar a posição de obstáculos que podem ser adicionados.

Foi criada para esse manipulador, a ferramenta desvio automático, que permite ao usuário simular seu comportamento em ambientes com obstáculos de diferentes tamanhos e diferentes posições conforme as Figuras 4 e 5.

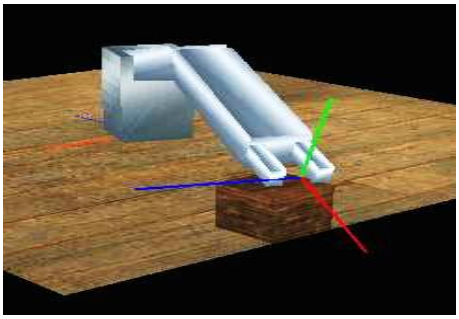

FIGURA. 4
DESVIO DE OBSTÁCULO REDUZIDO

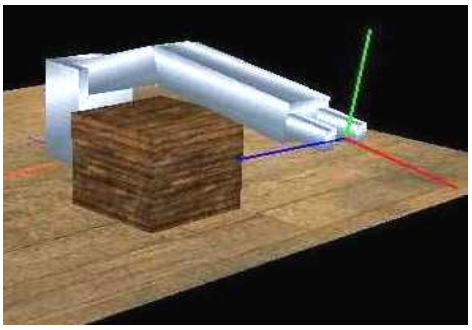

FIGURA. 5
DESVIO DE OBSTÁCULO AUMENTADO

Também foi desenvolvida uma *checkbox*, indicada na Figura 6, onde o usuário pode selecionar se deseja ativar ou desativar essa ferramenta, podendo ele próprio definir a trajetória de desvio do manipulador ao invés usar a pré-estabelecida pelo programa.

Nesta parte do software podem-se digitar os valores da localização do obstáculo. Apresenta-se também o ângulo mínimo de desvio vertical do ombro em relação ao plano em que se encontrava.

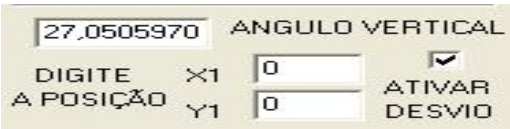

FIGURA. 6
INTERFACE DO SOFTWARE EM AMBIENTE WINDOWS®

A Figura 7 apresenta as ferramentas que permitem mudar o tamanho e posição do obstáculo (cubo), além dos ângulos em que o manipulador deve desviar para evitar a colisão que é mostrada do lado esquerdo.

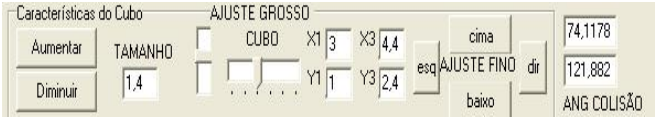

FIGURA. 7
CARACTERÍSTICAS DO CUBO

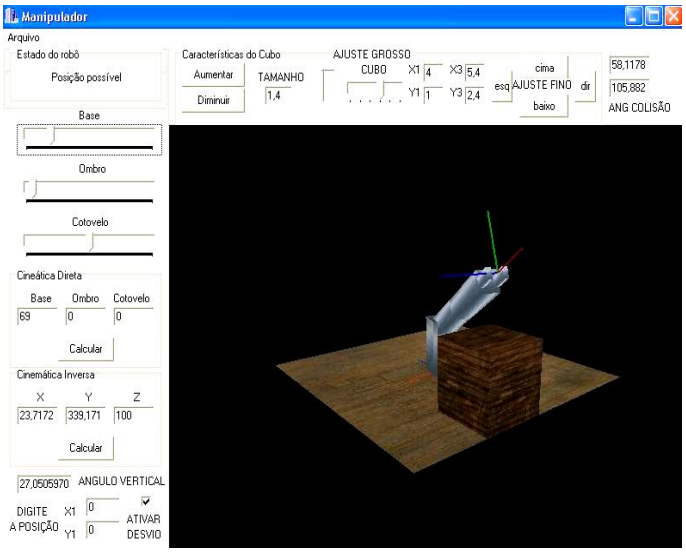

FIGURA. 8
INTERFACE DO SOFTWARE EM AMBIENTE WINDOWS®

CONCLUSÕES

Este software simulador, emulando sensores que possuem a função de evitar que o manipulador colida com obstáculos previamente determinados, contribui para o estudo e projeto de estruturas de manipuladores robóticos. Também permite que o robô continue executando sua tarefa sem intervenção humana, caso não possa seguir em frente por causa de algum obstáculo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] WRIGHT, Richard S. Jr., SWEET, M., OpenGL SuperBible, 2ª edição, Waite Group Press. USA. 2000.

[2] CRAIG, J. J., Introduction to Robotics Mechanics and Control, Addison-Wesley Publishing Company. USA. 1989

[3] PIZZIOLO, T. A., SIMULAÇÃO E ANÁLISE DE ACIONAMENTO DE MECANISMO DE PERNA PARA MÁQUINA CAMINHANTE, I CONGRESSO BRASILEIRO DE COMPUTAÇÃO. 2001.

[4] WEBSITE <HTTP://NEHE.GAMEDEV.NET/ > ACESSO EM: OUTUBRO DE 2009.

[5]WEBSITE<HTTP://WWW.POLI.USP.BR/P/EDUARDO.CABRAL/CINEM%C3%A1TICA%20DIRETA.PDF> ACESSO EM: OUTUBRO DE 2009.