

ANÁLISE CINEMÁTICA E SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DE UM MANIPULADOR ROBÓTICO

Aline Aparecida de Pina

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia de Sistemas e Computação, Centro de Tecnologia, COPPE/PESC, C.P. 68511 - CEP. 21945-970, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
E-mail: aline@lcg.ufrj.br

Armando Carlos de Pina Filho

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Mecânica, Centro de Tecnologia, COPPE/PEM, C.P. 68503 - CEP. 21945-970, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
E-mail: pina-filho@ufrj.br

Aloísio Carlos de Pina

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia de Sistemas e Computação, Centro de Tecnologia, COPPE/PESC, C.P. 68511 - CEP. 21945-970, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
E-mail: long17@bol.com.br

Resumo. *O manipulador robótico é um mecanismo formado basicamente por juntas e elos, projetado para mover uma variedade de materiais, tais como: peças, ferramentas ou dispositivos especiais. Ele possui uma das quatro configurações básicas conhecidas: polar, cilíndrica, cartesiana, ou articulada. A configuração do robô articulado é semelhante à do braço humano, por isso geralmente chamamos tal manipulador de robô antropomórfico. Ele possui três graus de liberdade caracterizados por três juntas rotacionais. O trabalho aqui apresentado tem por objetivo a implementação computacional de um robô articulado, possibilitando a visualização dos movimentos do braço (com três graus de liberdade) para alcançar um determinado objeto dentro do volume de trabalho. A partir da análise cinemática usando o método de Denavit-Hartenberg, o robô foi construído e seus movimentos simulados utilizando a interface gráfica OpenGL com linguagem C. A execução do programa que foi criado mostrou o manipulador realizando seus movimentos corretamente. Baseado nos resultados de diversas simulações, chegamos à conclusão que a implementação computacional foi bem sucedida, apresentando resultados satisfatórios. Tanto a análise como a simulação aqui apresentadas podem ser utilizadas para ajudar no projeto de manipuladores robóticos, em particular, na área de controle, bem como para o aprendizado de conceitos básicos de Robótica.*

Palavras-chave: Robô antropomórfico, Análise cinemática, Implementação computacional.

1. INTRODUÇÃO

Manipuladores robóticos são mecanismos multifuncionais e programáveis projetados para mover materiais, partes ou ferramentas através de movimentos variáveis, possibilitando assim uma variedade de tarefas. Um sistema robótico industrial inclui não somente robôs, mas também quaisquer mecanismos e/ou sensores para que o robô possa realizar suas tarefas, bem como para monitoração e controle das mesmas (OSHA Technical Manual, <http://www.osha.gov>). Um manipulador robótico é constituído de dois elementos básicos: juntas e elos (*links*). Em geral, as juntas podem ser:

- a) rotacionais: executam rotações em torno de um eixo;
- b) prismáticas: executam deslizamentos num eixo;
- c) esféricas: executam rotações em torno de todos os eixos.

Cada junta representa um grau de liberdade (com exceção das juntas esféricas). As juntas podem envolver movimento linear ou movimento rotacional entre os elos adjacentes. Os elos são considerados como estruturas rígidas ligadas por juntas. Manipuladores robóticos estão disponíveis comercialmente em uma diversidade de tamanhos, formas e configurações. A maioria dos robôs possui uma das quatro configurações básicas (Fig. (1)):

- a) configuração de coordenadas cartesianas;
- b) configuração cilíndrica;
- c) configuração polar;
- d) configuração articulada.

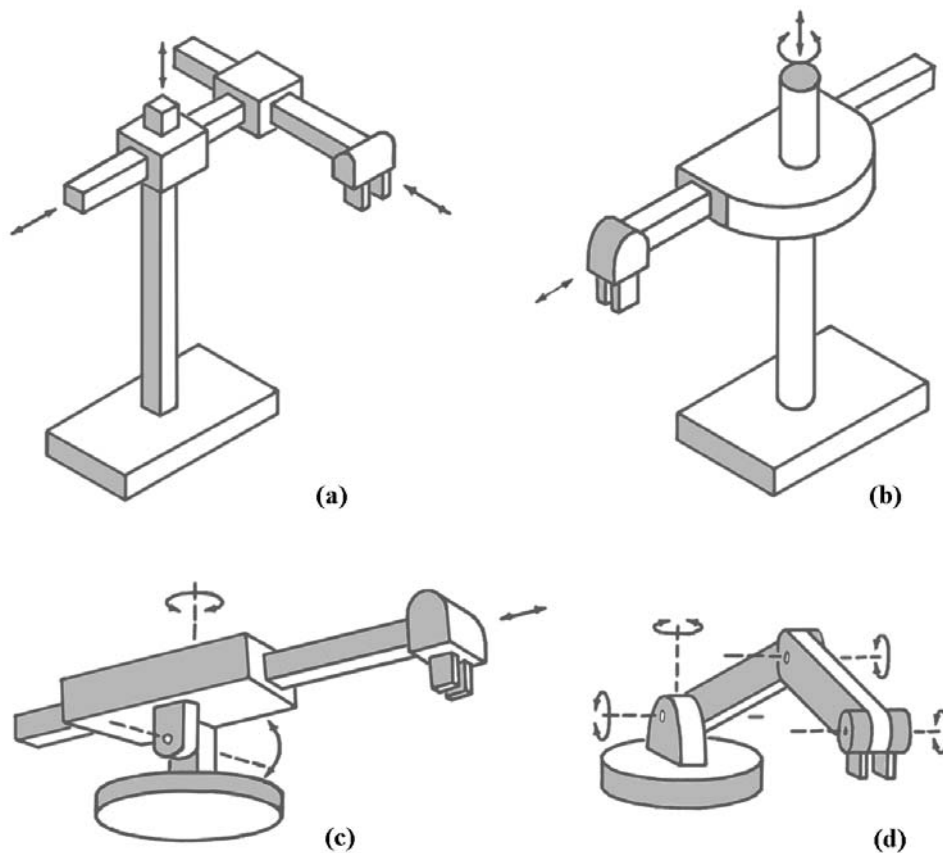


Figura 1. Configurações básicas dos manipuladores robóticos.

O trabalho aqui apresentado tem por objetivo a implementação computacional de um manipulador robótico do tipo articulado, possibilitando a visualização dos movimentos do braço (com três graus de liberdade) para alcançar um determinado objeto dentro do volume de trabalho. Por meio das equações da cinemática inversa calculadas pelo método de Denavit-Hartenberg (Denavit & Hartenberg, 1955) e utilizando a interface gráfica OpenGL com linguagem C (OpenGL Programming Guide, <http://www.sgi.com>), o robô foi construído e seus movimentos simulados.

A configuração do robô articulado é semelhante à do braço humano, por isso geralmente chamamos tal manipulador de robô antropomórfico. Ele possui três graus de liberdade caracterizados pelas três juntas rotacionais do modelo. A Fig. (2) apresenta o modelo de robô articulado com as dimensões (L_1 , L_2 e L_3) e os graus de liberdade (θ_1 , θ_2 e θ_3).

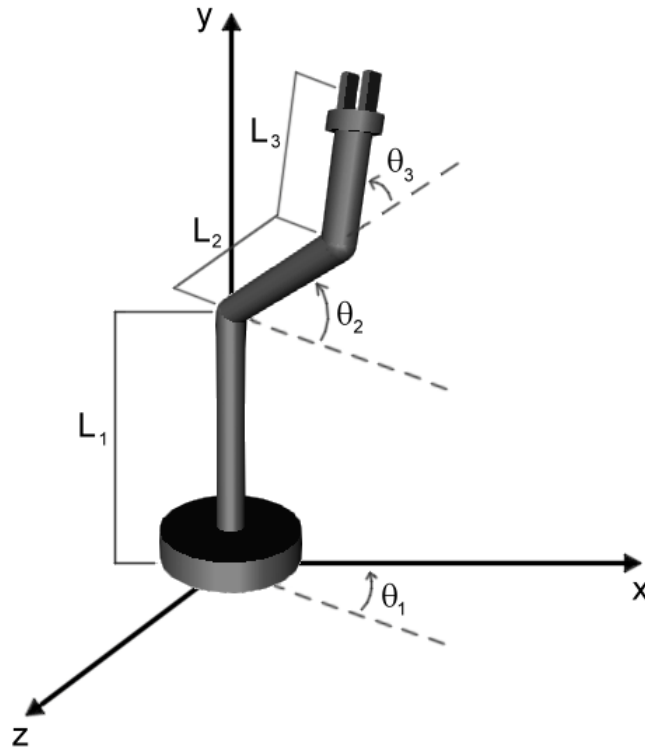


Figura 2. Manipulador robótico do tipo articulado.

2. ANÁLISE CINEMÁTICA DIRETA

A análise cinemática é o ponto de partida para o projeto de qualquer mecanismo. Existem procedimentos diferentes para deduzir as expressões de deslocamentos do sistema (Rivin, 1988), as quais fornecem as velocidades e acelerações (pela simples derivação das equações em função do tempo), tais como a análise geométrica (própria para mecanismos simples) e o método de Denavit-Hartenberg, que utiliza as chamadas matrizes de translação e rotação (ideal para mecanismos mais complexos).

O robô articulado apresenta uma configuração complexa, logo é conveniente utilizar o método de Denavit-Hartenberg para determinação do sistema de equações para cálculo das coordenadas finais do robô. Considerando o modelo apresentado na Fig. (2), determina-se a matriz transformação do sistema utilizando-se as matrizes de rotação e translação, como mostrado na Eq. (1) a seguir:

$$A = R(y, \theta_1) \cdot T(L_1, y) \cdot R(z, \theta_2) \cdot T(L_2, x) \cdot R(x, \theta_3) \cdot T(L_3, x) \quad (1)$$

onde: as matrizes R representam as rotações θ_1 , θ_2 e θ_3 e as matrizes T representam as translações em relação aos eixos.

Substituindo cada matriz R e T por sua representação matricial:

$$A = \begin{bmatrix} c\theta_1 & 0 & s\theta_1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -s\theta_1 & 0 & c\theta_1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & L_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c\theta_2 & -s\theta_2 & 0 & 0 \\ s\theta_2 & c\theta_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & L_2 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c\theta_3 & -s\theta_3 & 0 & 0 \\ s\theta_3 & c\theta_3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & L_3 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

onde: $c\theta_1$, $c\theta_2$ e $c\theta_3$ representam $\cos \theta_1$, $\cos \theta_2$ e $\cos \theta_3$, respectivamente, e $s\theta_1$, $s\theta_2$ e $s\theta_3$ representam $\sin \theta_1$, $\sin \theta_2$ e $\sin \theta_3$, respectivamente.

Efetando as multiplicações, tem-se:

$$A = \begin{bmatrix} c\theta_1 c\theta_2 c\theta_3 + s\theta_2 s\theta_3 c\theta_1 & -c\theta_1 c\theta_2 s\theta_3 - s\theta_2 c\theta_1 c\theta_3 & s\theta_1 & (L_3 c(\theta_2 + \theta_3) + L_2 c\theta_2) c\theta_1 \\ s\theta_2 c\theta_3 + s\theta_3 c\theta_2 & -s\theta_2 s\theta_3 + c\theta_2 c\theta_3 & 0 & L_3 s(\theta_2 + \theta_3) + L_2 s\theta_2 + L_1 \\ -s\theta_1 c\theta_2 c\theta_3 + s\theta_1 s\theta_2 s\theta_3 & s\theta_1 s\theta_3 c\theta_2 + s\theta_1 s\theta_2 c\theta_3 & c\theta_1 & -(L_3 c(\theta_2 + \theta_3) + L_2 c\theta_2) s\theta_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

Para encontrar o sistema de equações para cálculo das coordenadas finais do robô faz-se:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix} = [A] \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c\theta_1 c\theta_2 c\theta_3 + s\theta_2 s\theta_3 c\theta_1 & -c\theta_1 c\theta_2 s\theta_3 - s\theta_2 c\theta_1 c\theta_3 & s\theta_1 & (L_3 c(\theta_2 + \theta_3) + L_2 c\theta_2) c\theta_1 \\ s\theta_2 c\theta_3 + s\theta_3 c\theta_2 & -s\theta_2 s\theta_3 + c\theta_2 c\theta_3 & 0 & L_3 s(\theta_2 + \theta_3) + L_2 s\theta_2 + L_1 \\ -s\theta_1 c\theta_2 c\theta_3 + s\theta_1 s\theta_2 s\theta_3 & s\theta_1 s\theta_3 c\theta_2 + s\theta_1 s\theta_2 c\theta_3 & c\theta_1 & -(L_3 c(\theta_2 + \theta_3) + L_2 c\theta_2) s\theta_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

Logo, tem-se:

$$\begin{cases} x = [L_3 \cos(\theta_2 + \theta_3) + L_2 \cos\theta_2] \cos\theta_1 \\ y = L_3 \sin(\theta_2 + \theta_3) + L_2 \sin\theta_2 + L_1 \\ z = -[L_3 \cos(\theta_2 + \theta_3) + L_2 \cos\theta_2] \sin\theta_1 \end{cases} \quad (5)$$

3. ANÁLISE CINEMÁTICA INVERSA

A análise cinemática inversa consiste em especificar equações para determinação dos graus de liberdade envolvidos no sistema em relação às medidas do modelo, coordenadas de algum ponto principal ou mesmo de um outro grau de liberdade. Quanto maior o número de graus de liberdade do sistema, mais complexa se torna a análise inversa.

Em princípio encontra-se o valor de θ_1 a partir das equações de x e z do sistema da Eq. (5). A forma mais simples seria dividir a equação de z pela equação de x , ou seja:

$$\frac{z}{x} = \frac{-\sin\theta_1}{\cos\theta_1} = -\tan\theta_1 \quad (6)$$

Logo:

$$\theta_1 = \arctg\left(-\frac{z}{x}\right) \quad (7)$$

No entanto, um ângulo obtido a partir da função arco-tangente está definido no intervalo $]-\pi/2, \pi/2[$. Então, se é desejado que o ângulo θ_1 seja maior que $\pi/2$, em valor absoluto, uma nova expressão precisa ser encontrada. Esse procedimento também facilita a implementação computacional.

Sendo assim, considerando a Eq. (6), eleva-se a mesma ao quadrado, obtendo-se:

$$\frac{z^2}{x^2} = \frac{\sin^2\theta_1}{\cos^2\theta_1} \quad (8)$$

Utilizando relações trigonométricas, tem-se:

$$\frac{z^2}{x^2} = \frac{1 - \cos^2\theta_1}{\cos^2\theta_1} \quad \text{ou} \quad \frac{z^2}{x^2} = \frac{1}{\cos^2\theta_1} - 1 \quad (9)$$

Com isso, tem-se:

$$\frac{z^2}{x^2} + 1 = \frac{1}{\cos^2 \theta_1} \quad \text{ou} \quad \frac{z^2 + x^2}{x^2} = \frac{1}{\cos^2 \theta_1} \quad (10)$$

Logo:

$$\cos^2 \theta_1 = \frac{x^2}{z^2 + x^2} \quad \text{ou} \quad \cos \theta_1 = \frac{x}{\sqrt{z^2 + x^2}} \quad (11)$$

$$\theta_1 = \arccos \left(\frac{x}{\sqrt{z^2 + x^2}} \right) \quad (12)$$

Para determinar o valor de θ_3 pode-se utilizar as equações de x e y do sistema da Eq. (5). Nesse caso, rearranjando as equações, tem-se:

$$\begin{cases} \frac{x}{\cos \theta_1} = L_3 \cos(\theta_2 + \theta_3) + L_2 \cos \theta_2 \\ y - L_1 = L_3 \sin(\theta_2 + \theta_3) + L_2 \sin \theta_2 \end{cases} \quad (13)$$

Depois as equações devem ser elevadas ao quadrado e somadas, o que resulta em:

$$\left(\frac{x}{\cos \theta_1} \right)^2 + (y - L_1)^2 = L_2^2 + L_3^2 + 2L_2L_3 \cos \theta_3 \quad (14)$$

Logo:

$$\cos \theta_3 = \frac{\left(\frac{x}{\cos \theta_1} \right)^2 + (y - L_1)^2 - L_2^2 - L_3^2}{2L_2L_3} \quad (15)$$

$$\theta_3 = \arccos \left(\frac{\left(\frac{x}{\cos \theta_1} \right)^2 + (y - L_1)^2 - L_2^2 - L_3^2}{2L_2L_3} \right) \quad (16)$$

Na Eq. (16), se for permitido pelo modelo que o ângulo θ_1 assuma um valor tal que $\cos \theta_1 = 0$, a expressão obtida para θ_3 não poderá ser utilizada. Então, uma nova expressão para θ_3 precisa ser encontrada.

Sendo assim, considerando as equações de x e z no sistema da Eq. (5), elevam-se as mesmas ao quadrado, obtendo-se:

$$\begin{cases} x^2 = [L_3 \cos(\theta_2 + \theta_3) + L_2 \cos \theta_2]^2 \cos^2 \theta_1 \\ z^2 = [L_3 \cos(\theta_2 + \theta_3) + L_2 \cos \theta_2]^2 \sin^2 \theta_1 \end{cases} \quad (17)$$

Somando-se as equações de x e z, tem-se:

$$x^2 + z^2 = [L_3 \cos(\theta_2 + \theta_3) + L_2 \cos \theta_2]^2 \quad (18)$$

Mas, a partir da Eq. (13) sabe-se que:

$$\left(\frac{x}{\cos \theta_1} \right)^2 = [L_3 \cos(\theta_2 + \theta_3) + L_2 \cos \theta_2]^2 \quad (19)$$

Logo, igualando as Eq. (18) e (19), tem-se:

$$\left(\frac{x}{\cos \theta_1} \right)^2 = x^2 + z^2 \quad (20)$$

Então, a Eq. (16) torna-se:

$$\theta_3 = \arccos \left(\frac{x^2 + z^2 + (y - L_1)^2 - L_2^2 - L_3^2}{2 L_2 L_3} \right) \quad (21)$$

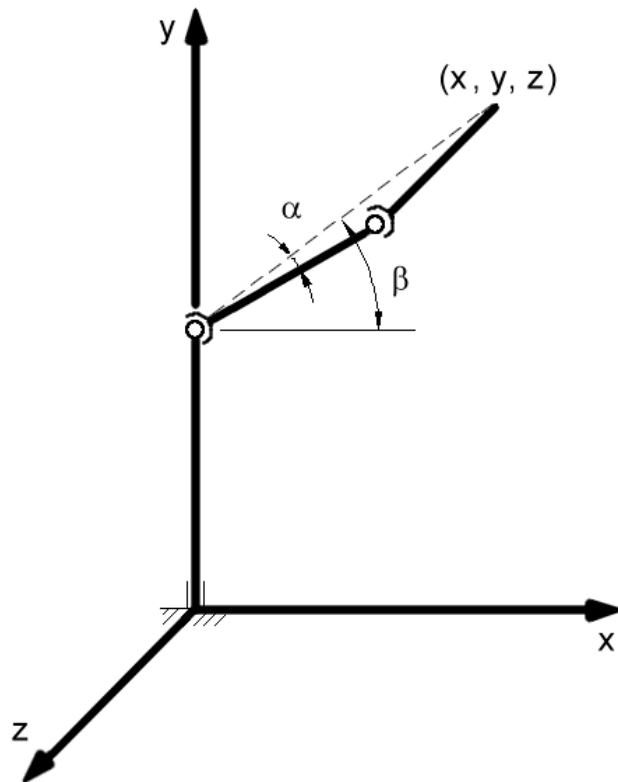


Figura 3. Representação esquemática do robô articulado.

Por fim, deve-se encontrar o valor de θ_2 . Em princípio, considerando os ângulos α e β dados pela Fig. (3), tem-se:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{L_3 \sin \theta_3}{L_3 \cos \theta_3 + L_2} \quad (22)$$

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{(y - L_1)}{\left(\frac{x}{\cos \theta_1} \right)} \quad (23)$$

Usando a propriedade trigonométrica:

$$\operatorname{tg}(\beta - \alpha) = \frac{\operatorname{tg} \beta - \operatorname{tg} \alpha}{1 + \operatorname{tg} \beta \operatorname{tg} \alpha} \quad (24)$$

e observando que $\theta_2 = (\beta - \alpha)$, tem-se (resolvendo a expressão):

$$\operatorname{tg} \theta_2 = \frac{(y - L_1)(L_2 + L_3 \cos \theta_3) - \left(\frac{x}{\cos \theta_1} \right)(L_3 \sin \theta_3)}{\left(\frac{x}{\cos \theta_1} \right)(L_2 + L_3 \cos \theta_3) + (y - L_1)(L_3 \sin \theta_3)} \quad (25)$$

$$\theta_2 = \operatorname{arctg} \left(\frac{(y - L_1)(L_2 + L_3 \cos \theta_3) - \left(\frac{x}{\cos \theta_1} \right)(L_3 \sin \theta_3)}{\left(\frac{x}{\cos \theta_1} \right)(L_2 + L_3 \cos \theta_3) + (y - L_1)(L_3 \sin \theta_3)} \right) \quad (26)$$

De forma similar a Eq. (16), a Eq. (26) só é válida quando $\cos \theta_1 \neq 0$. Sendo assim, a partir da Eq. (20) sabe-se que:

$$\frac{x}{\cos \theta_1} = \sqrt{x^2 + z^2} \quad (27)$$

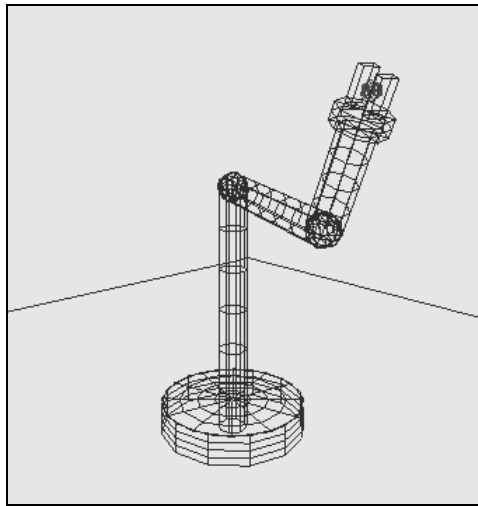
Logo:

$$\theta_2 = \operatorname{arctg} \left(\frac{(y - L_1)(L_2 + L_3 \cos \theta_3) - (\sqrt{x^2 + z^2})(L_3 \sin \theta_3)}{(\sqrt{x^2 + z^2})(L_2 + L_3 \cos \theta_3) + (y - L_1)(L_3 \sin \theta_3)} \right) \quad (28)$$

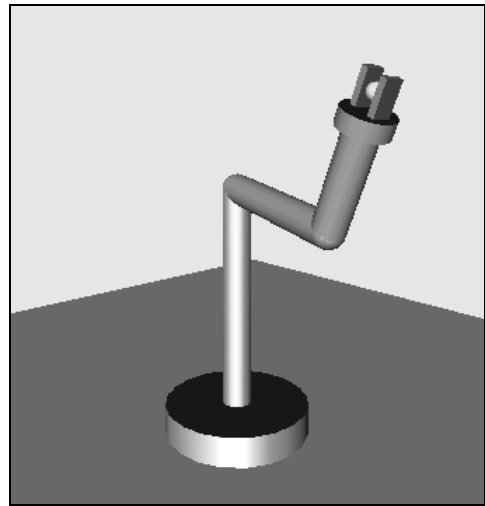
4. IMPLEMENTAÇÃO COMPUTACIONAL

A implementação computacional consiste no desenvolvimento de um programa, no qual o robô é construído com superfícies 3D em wireframe ou sólido, com posterior aplicação de efeitos de luz, e por meio das equações da cinemática inversa torna-se possível simular os movimentos dos elos para alcançar um determinado objeto dentro do volume de trabalho. A implementação foi feita utilizando a interface gráfica OpenGL com linguagem C.

Na Fig. (4) é mostrado o robô da forma que foi gerado pelo programa. A Fig. (5) apresenta uma simulação do chamado “*motion blur*”, dando uma idéia de como seria o movimento do robô. As Tab. (1) e (2) apresentam os algoritmos utilizados na implementação do robô articulado. Por fim, na Fig. (6) é apresentada uma simulação do movimento do robô “quadro a quadro” para alcançar um objeto dentro do volume de trabalho. Note a mudança dos ângulos (graus de liberdade do sistema) até chegar à configuração final de alcance do objeto. Vale ressaltar também que o robô procura o caminho mais curto para chegar ao objeto, realizando a rotação para o lado mais propício.



(a)



(b)

Figura 4. Robô articulado com superfícies 3D em wireframe (a) e sólido (b).

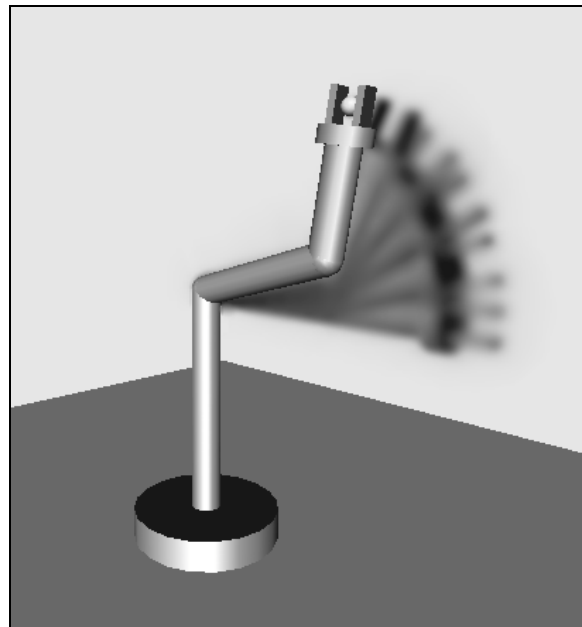


Figura 5. Simulação do movimento do robô para alcançar um determinado objeto.

Tabela 1. Algoritmo para cálculo dos valores de θ_1 , θ_2 e θ_3 .

Entrada: Coordenadas do ponto a ser alcançado

Saída: Valores para θ_1 , θ_2 e θ_3

CalculaValores_RoboArticulado(x, y, z)

```
{
    t1 = acos(x/(sqrt(pow(x,2)+pow(z,2))))*180/PI;
    t3 = acos((pow(x,2)+pow((y-L1),2)+pow(z,2)-pow(L3,2)-pow(L2,2))/
        2*L2*L3))*180/PI;
    t2 = atan((((y-L1)*(L2+L3*cos(t3)))-((sqrt(pow(x,2)+pow(z,2)))*
        (L3*sin(t3))))/(((sqrt(pow(x,2)+pow(z,2)))*(L2+L3*
        cos(t3)))+(y-L1)*(L3*sin(t3)))))*180/PI;
}
```


Tabela 2. Algoritmo para realização do movimento do robô.

Entrada: Valores de θ_1 , θ_2 e θ_3

Saída: Movimento do robô

```
Movimento_RoboArticulado(t1, t2, t3)
{
    /* Rotaciona t1 graus no eixo y os elos L1, L2 e L3 e a garra */
    Rotaciona(t1, y, elo_L1, elo_L2, elo_L3, garra);

    /* Rotaciona t2 graus no eixo z os elos L2 e L3 e a garra */
    Rotaciona(t2, z, elo_L2, elo_L3, garra);

    /* Rotaciona t3 graus no eixo z o elo L3 e a garra do robô */
    Rotaciona(t3, z, elo_L3, garra);
}
```

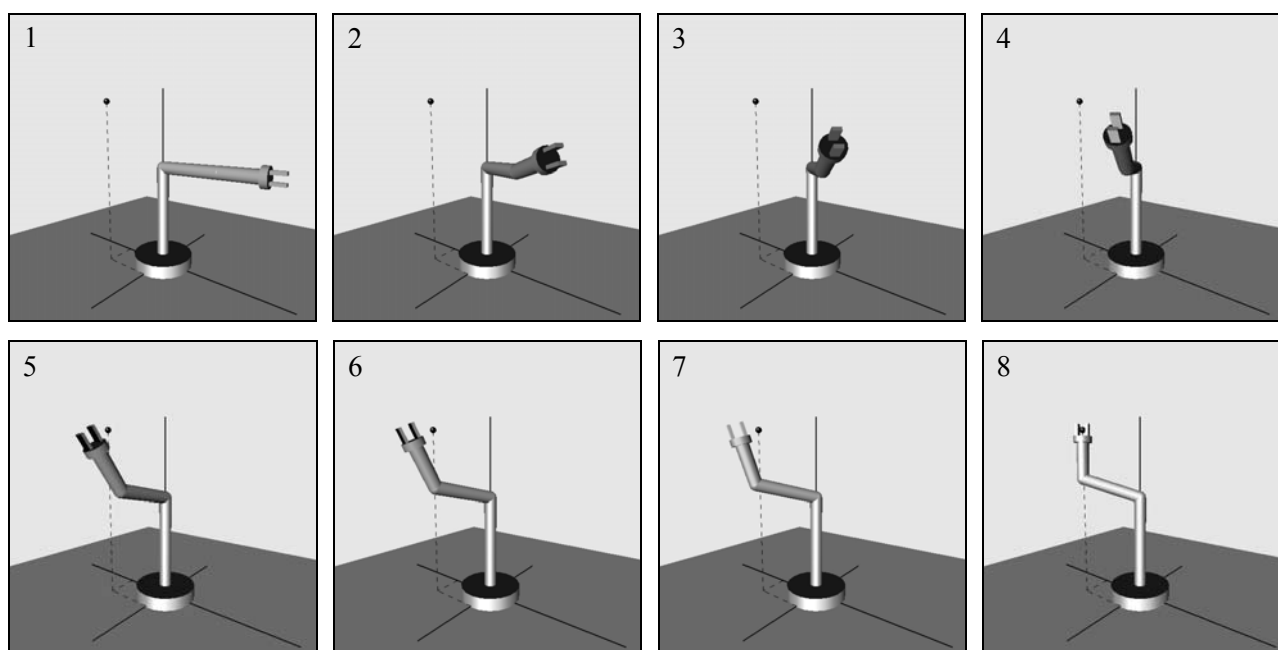


Figura 6. Simulação do movimento do robô “quadro a quadro” para alcançar um objeto.

5. CONCLUSÃO

Neste trabalho foi apresentado a análise cinemática e implementação computacional de um robô industrial do tipo articulado. O método de Denavit-Hartenberg foi aplicado na análise cinemática e a implementação computacional foi feita utilizando a interface gráfica OpenGL com linguagem C. O robô foi construído e seus movimentos simulados, possibilitando a visualização do manipulador para alcançar um determinado objeto dentro do volume de trabalho.

A execução do programa, criado a partir das equações da cinemática inversa, mostrou o robô realizando seus movimentos corretamente para alcançar um determinado objeto em vários pontos do volume de trabalho. Baseado nos resultados de diversas simulações, chegou-se à conclusão que a implementação computacional foi bem sucedida, apresentando resultados satisfatórios. Tanto a análise como a simulação aqui apresentadas podem ser utilizadas para ajudar no projeto de manipuladores robóticos, em particular, na área de controle, bem como para o aprendizado de conceitos básicos de Robótica.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de expressar seus agradecimentos ao CNPq e CAPES pelo suporte financeiro fornecido durante o decorrer deste presente trabalho.

7. REFERÊNCIAS

- Denavit, J., Hartenberg, R. S., 1955, "A Kinematic Notation for Lower-Pair Mechanisms Based on Matrices", ASME Journal of Applied Mechanics, pp. 215-221.
- Groover, M. P., Weiss, M., Nagel, R. N., Odrey, N. G., 1989, "Robótica: Tecnologia e Programação", Trad.: D. M. Savatovsky, Rev.: R. Camacho, McGraw-Hill, São Paulo, Brasil.
- OpenGL Programming Guide, <http://www.sgi.com/software/opengl>, Silicon Graphics, USA.
- OSHA Technical Manual, <http://www.osha.gov>, "Industrial Robots and Robot System Safety", Section IV, Chapter 4, U.S. Government Printing Office, Washington, USA.
- Rivin, E. I., 1988, "Mechanical Design of Robots", McGraw-Hill Book Company.

KINEMATICAL ANALYSIS AND COMPUTATIONAL SIMULATION OF A ROBOTIC MANIPULATOR

Aline Aparecida de Pina

Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE/PESC, Department of Systems Engineering and Computer Science, C.P. 68511, CEP. 21945-970, Rio de Janeiro, RJ, Brazil.

E-mail: aline@lcf.ufrj.br

Armando Carlos de Pina Filho

Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE/PEM, Mechanical Engineering Department, C.P. 68503, CEP. 21945-970, Rio de Janeiro, RJ, Brazil.

E-mail: pina-filho@ufrj.br

Aloísio Carlos de Pina

Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE/PESC, Department of Systems Engineering and Computer Science, C.P. 68511, CEP. 21945-970, Rio de Janeiro, RJ, Brazil.

E-mail: long17@bol.com.br

Abstract. *The robotic manipulator is a mechanism formed basically for joints and links, projected to move a variety of materials, such as: parts, tools or special devices. It has one of the four known basic configurations: polar, cylindrical, cartesian, or articulated. The configuration of the articulated robot is similar to the one of the human arm, therefore generally we call such manipulator antropomorphic robot. It has three degrees of freedom characterized by three rotational joints. The work presented here has for objective the computational implementation of a articulated robot, making possible the visualization of the movements of the arm (with three degrees of freedom) to reach a determined object inside of the work space. From the kinematical analysis using the method of Denavit-Hartenberg, the robot was constructed and its movements was simulated using the graphical interface OpenGL with C language. The execution of the program that was created showed to the manipulator performing its movements correctly. Based in the results of diverse simulations, we arrive at the conclusion that the computational implementation was successful, presenting satisfactory resulted. As much the analysis as the simulation presented here can be used to help in the project of robotic manipulators, particularly, in the area of control, as well as for the learning of basic concepts of Robotics.*

Keywords: Antropomorphic robot, Kinematical analysis, Computational implementation.