

# 1- INTRODUÇÃO AOS ROBÔS INDUSTRIAIS

## MODELAGEM GEOMÉTRICA

### 1.1 Introdução

Um robô industrial é uma máquina com características significativas de versatilidade e flexibilidade. De acordo com uma definição do Instituto de Robôs da América, um robô é um manipulador re-programável, multifuncional, projetado para mover materiais, peças, ferramentas ou dispositivos específicos através de movimentos variáveis e programáveis, para o desempenho de uma variedade de tarefas.

Basicamente, um robô é constituído por:

a) *Uma Estrutura Mecânica ou Manipulador:*

Seqüência de corpos rígidos, denominados “ligamentos” ou membros, conectados por articulações, chamadas de “juntas”.

Um manipulador é constituído por um braço (provedor de mobilidade), geralmente, um punho (para a destreza), e um efetuador (ferramenta de trabalho do robô). O tipo de punho que proporciona o maior grau de destreza é formado por três juntas de rotação (Fig.1). O efetuador, ligado ao punho, está localizado no extremo do manipulador. Este pode ser, por exemplo, uma ferramenta de torque, de solda, um eletromagneto, ou uma garra.

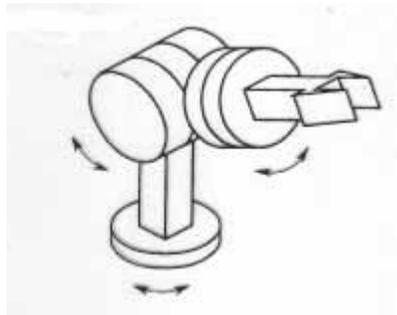


Figura 1. Punho Esférico.

b) *Atuadores*

Colocam o manipulador em movimento através do acionamento das juntas. Os tipos de acionamento utilizados são os elétricos, hidráulicos, e, em menor escala, os pneumáticos.

c) *Sensores*

Medem o status interno do robô, tais como posição e velocidade de juntas. Ocasionalmente, incluem-se sensores, tais como, câmeras CCD, que fornecem informação sobre elementos externos ao manipulador.

d) *Sistema de Controle*

Possibilita o planejamento, controle e supervisão do movimento do manipulador.

## 1.2 Estrutura dos Manipuladores

A estrutura mais comum é a cadeia cinemática aberta. Do ponto de vista topológico, uma cadeia é aberta quando só há uma seqüência de ligamentos conectando duas extremidades (podem incluir juntas ou o efetuador) da cadeia (Fig. 2).

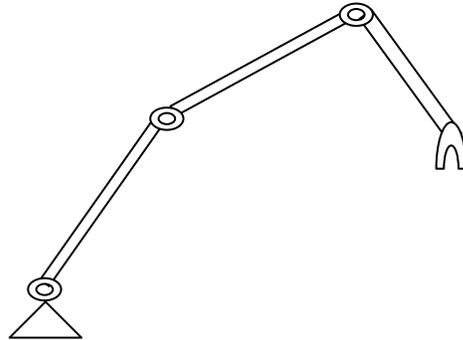


Figura 2. Cadeia Cinemática Aberta.

Quando a seqüência de ligamentos entre extremidades consideradas forma um laço, ou, em geral, quando uma junta se liga a mais de duas juntas (Fig. 3), temos uma cadeia cinemática fechada.

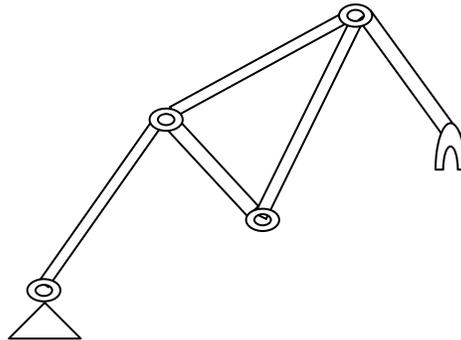


Figura 3. Cadeia Cinemática Fechada.

## 1.3 Características das Articulações

A mobilidade do manipulador é assegurada pelas juntas, ou articulações. Estas podem ser de dois tipos:

- Prismática, que proporciona a translação do ligamento a ela unido;
- Revolução, que proporciona a rotação do ligamento a ela unido.

As juntas prismáticas são responsáveis pelos movimentos de translação relativa entre dois ligamentos. As juntas de revolução são responsáveis pelo movimento de rotação relativa entre dois ligamentos. Em geral, prefere-se as juntas de revolução às prismáticas, pelo motivo das primeiras serem mais compactas e confiáveis.

Em cadeias cinemáticas abertas, cada uma dessas articulações proporciona à estrutura um único grau de liberdade. Entende-se por grau de liberdade o número de variáveis de posição independentes que devem ser especificadas para se localizar todas as partes de um mecanismo. Para uma cadeia aberta, já que o movimento de cada junta é definido por uma única variável, o número de juntas é igual ao número de graus de liberdade.

O manipulador deve propiciar, no mínimo, o número de graus de liberdade necessário para a execução de sua tarefa. No caso mais geral, que requer a colocação de um objeto numa posição e orientação arbitrárias, necessitamos de  $3+3 = 6$  graus de liberdade. Se o número de graus de liberdade que o manipulador proporciona ultrapassa o número de graus de liberdade requerido para a execução de sua tarefa, dizemos que o mesmo é redundante.

## **1.4 Volume de Trabalho e a Classificação de Manipuladores**

O volume de trabalho representa o espaço do ambiente ao redor do manipulador que o seu efetuador pode alcançar. A forma e a medida do volume depende da estrutura do manipulador bem como das limitações de suas juntas.

A tarefa requerida do braço é posicionar o pulso, o qual vai então orientar o efetuador. Para isso, são necessários, para qualquer posição no espaço, no mínimo 3 graus de liberdade. O tipo e seqüência dos graus de mobilidade do braço, a partir da base, permite-nos classificar os manipuladores. Ou seja, estamos interessados em configurações básicas dos manipuladores a partir das 3 primeiras articulações.

Com relação ao volume de trabalho, descrevemos a seguir alguns tipos de manipuladores.

### **1.4.1 Robô Cartesiano**

Esse tipo de robô possui 3 juntas prismáticas resultando num movimento composto de 3 translações, cujos eixos de movimento são coincidentes com um sistema de coordenadas de referência cartesiano. O volume de trabalho é um paralelepípedo (Fig. 4). Tal estrutura cartesiana proporciona um bom grau de rigidez mecânica e exatidão de posicionamento constante em qualquer ponto do volume de trabalho. Por outro lado, devido à exclusividade das juntas prismáticas, tal estrutura possui um baixo grau de destreza.

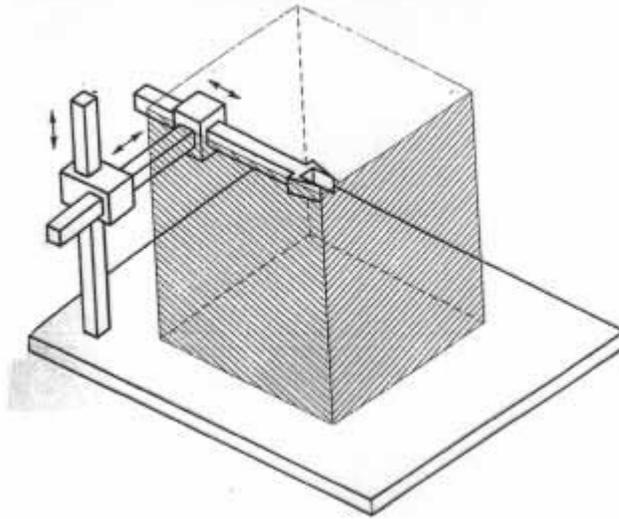


Figura 4. Manipulador Cartesiano.

### 1.4.2 Robô Cilíndrico

Esse tipo de manipulador possui 2 articulações prismáticas e uma de rotação. Esta última substitui a primeira junta prismática do manipulador cartesiano. O grau de exatidão no posicionamento decai conforme o alcance do braço aumenta. O volume de trabalho é um cilindro vazado (Fig.5).

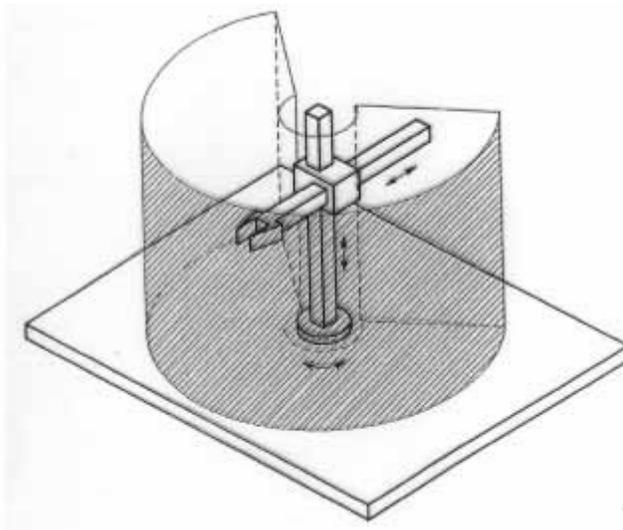


Figura 5. Manipulador Cilíndrico.

### 1.4.3 Robô Esférico

Os eixos de movimento formam um sistema de referência polar, através de 1 junta prismática e 2 juntas de rotação. Tomando o manipulador cilíndrico como referência, substitui-se a primeira junta prismática, a partir da base, por uma junta de rotação. A rigidez mecânica é inferior comparativamente aos dois casos anteriores. A exatidão de posicionamento é inversamente proporcional ao alcance radial da extremidade do braço. O volume de trabalho gerado é, aproximadamente, uma esfera (Fig.6).

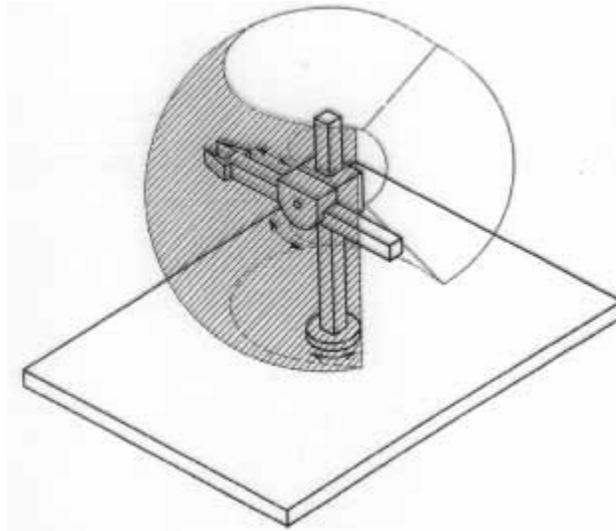


Figura 6. Manipulador Esférico.

#### 1.4.4 Robô SCARA (“Selective Compliance Assembly Robot”)

Possui 2 juntas de rotação, cujos eixos são paralelos, para se movimentar o efetuador num plano, e uma terceira junta, prismática, perpendicular a esse plano. Ele é muito usado em tarefas de montagem de componentes de pequenas dimensões, como placas de circuitos eletrônicos. O volume de trabalho é aproximadamente cilíndrico (Fig.7).

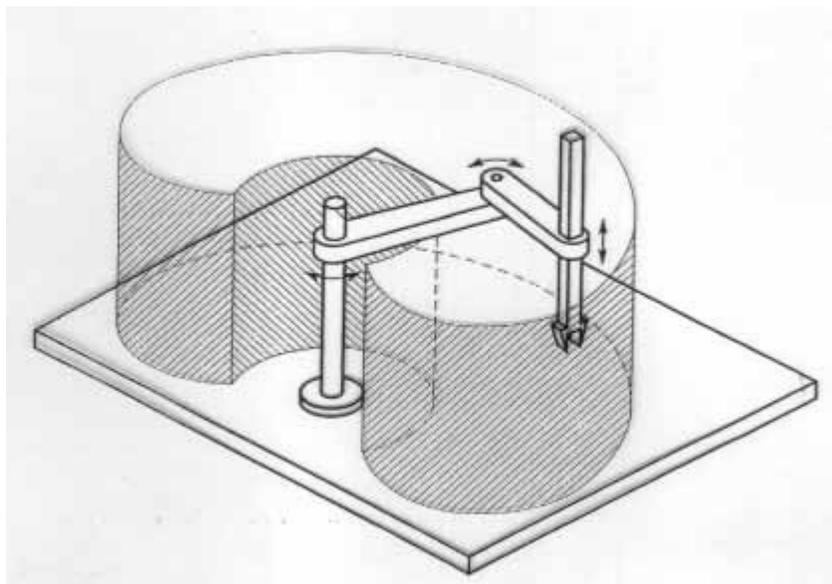


Figura 7. Robô SCARA.

#### 1.4.5 Robô Articulado ou Antropomórfico

Nesta configuração, existem pelo menos 3 juntas de rotação. O eixo de rotação da junta da base é perpendicular aos eixos das outras 2 juntas, que são paralelas entre si. Esta configuração apresenta maior mobilidade, entre todas as outras empregadas. O seu volume de trabalho é complexo, uma porção de esfera (Fig. 8). A rigidez depende da posição no volume de trabalho.

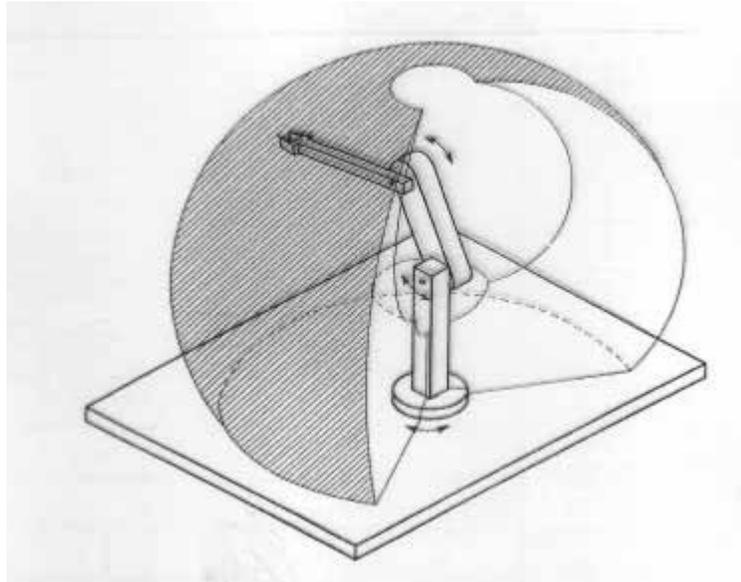


Figura 8. Manipulador Antropomórfico.