

# SERVOMECANISMO

## Sistemas Robóticos

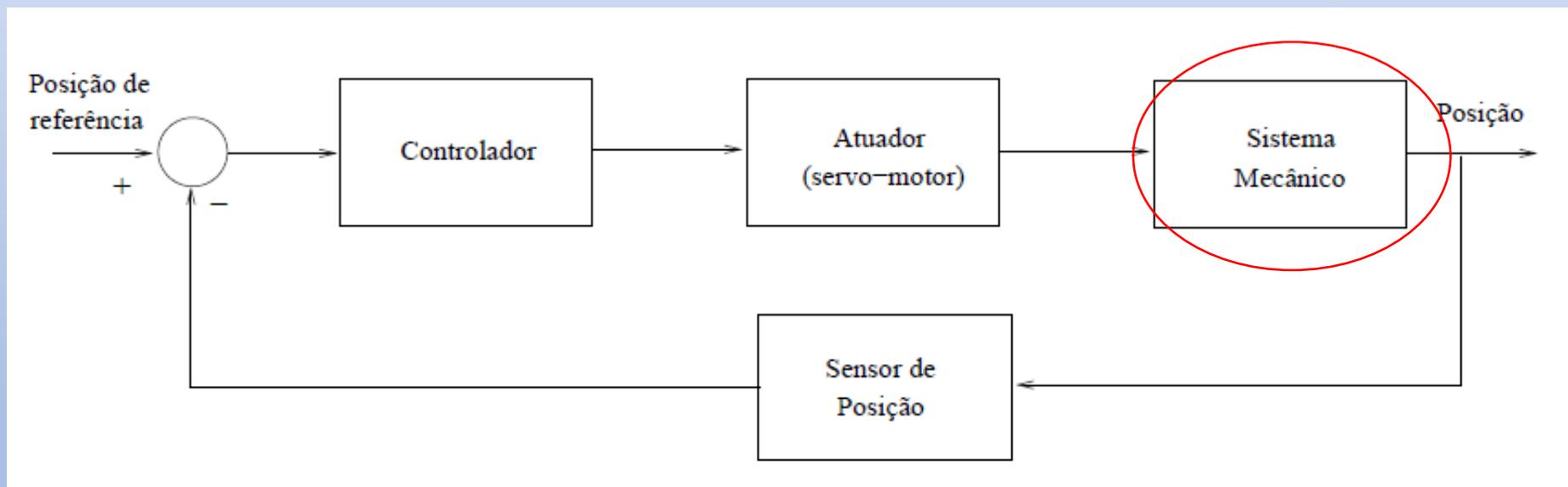
---

**Prof. Dr. Cesar da Costa**

E-mail: [ccosta@ifsp.edu.br](mailto:ccosta@ifsp.edu.br)

**Site: [www.professorcesarcosta.com.br](http://www.professorcesarcosta.com.br)**

# Diagrama de um servomecanismo

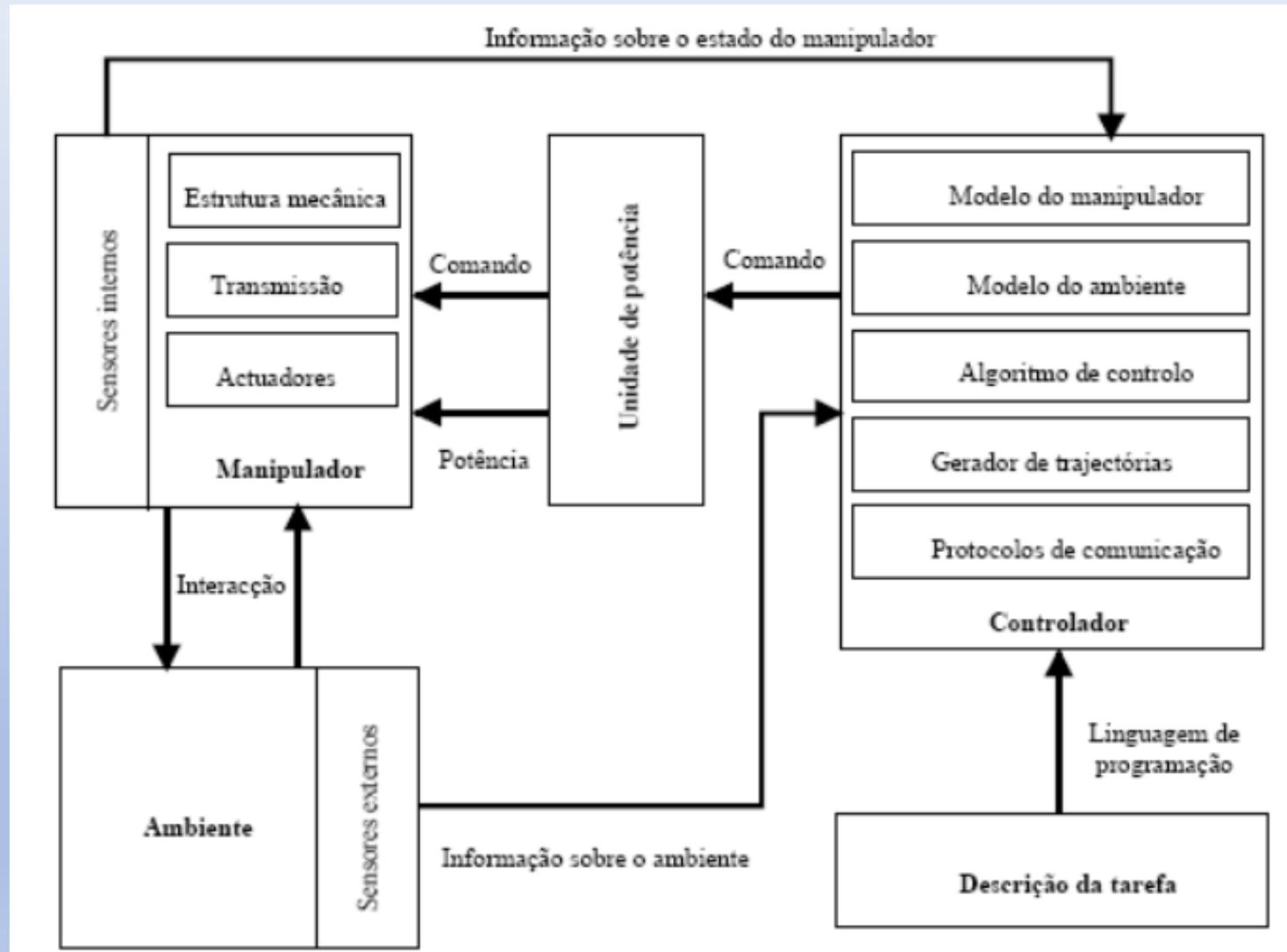


# ROBÔS INDUSTRIAIS



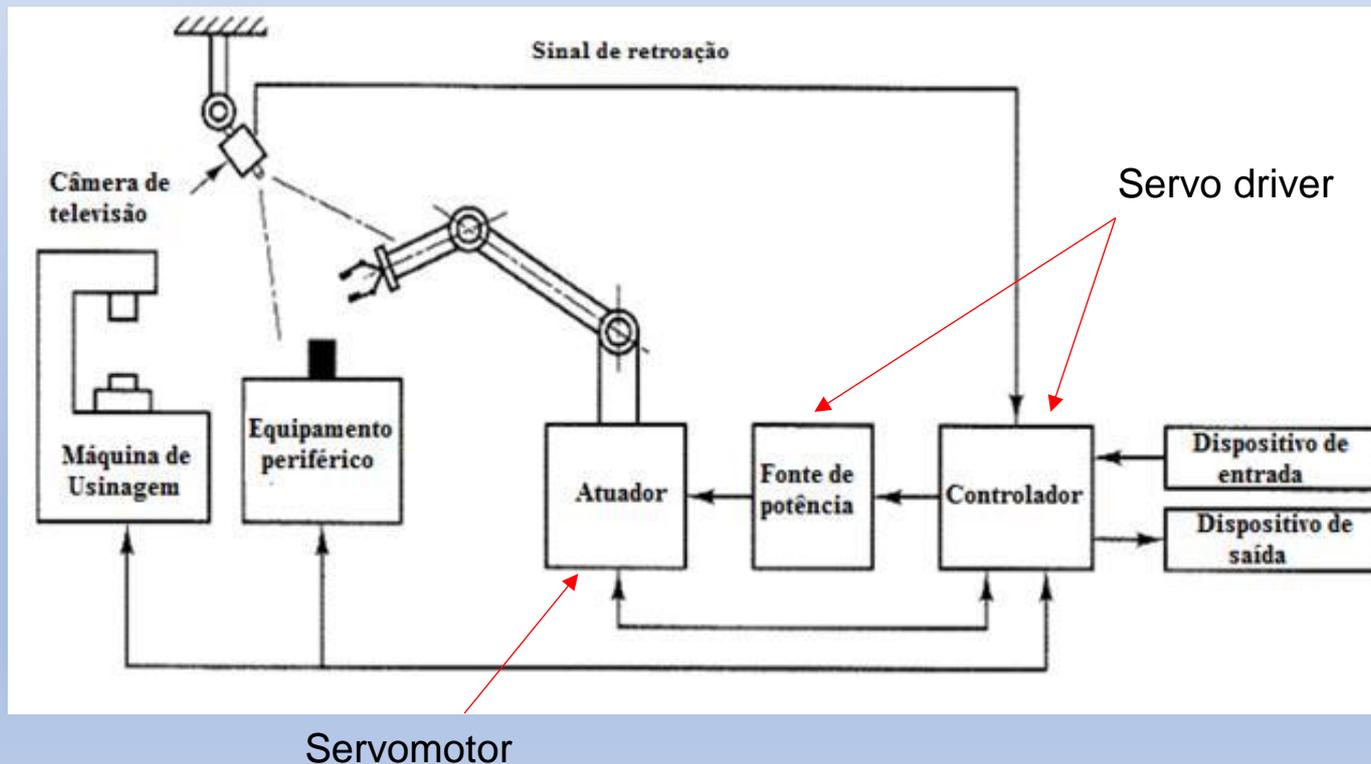
“Um robô industrial é uma máquina manipuladora, com vários graus de liberdade, controlada automaticamente, reprogramável, multifuncional, que pode ter a base fixa ou móvel, para utilização em aplicações de automação industrial”

# Diagrama em Bloco de um Robo Industrial



# Controlador do Robô

- ❑ O Controlador é a parte do robô que opera o braço mecânico e mantém contato com seu ambiente. O dispositivo em si é composto por hardware e software, combinados para possibilitar ao robô executar suas tarefas.



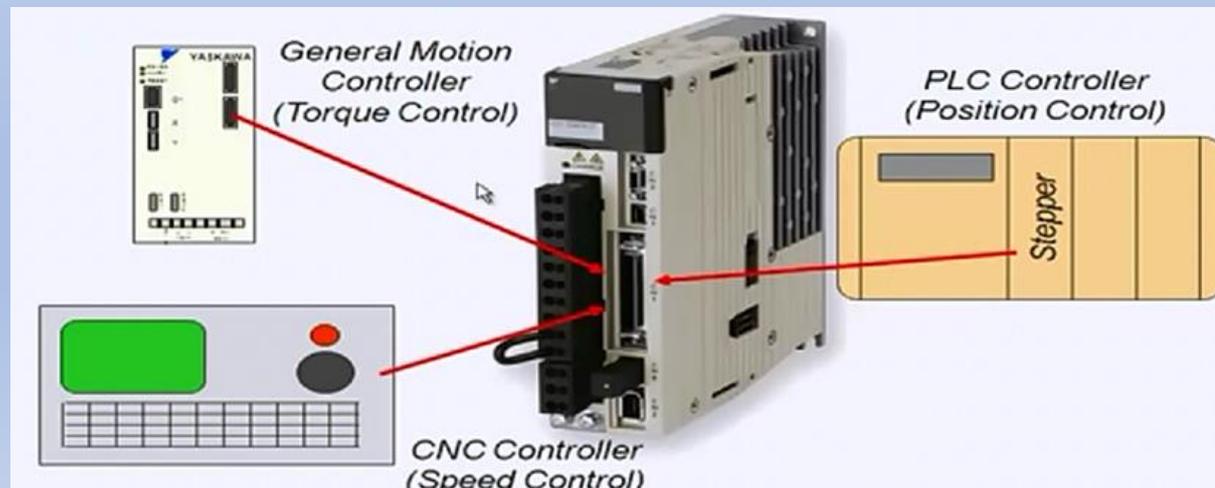
# Controlador do Robô

## □ NÍVEIS DE CONTROLE DO ROBÔ

- **Controle do acionador** : ou controle de cada eixo do robô separadamente. Nível mais baixo.
- **Controle da trajetória** : ou controle do braço do robô com coordenação entre os eixos para percorrer a trajetória especificada. Nível intermediário.
- **Controle de coordenação com o ambiente** : é o controle do braço em coordenação com o ambiente. Nível mais alto.

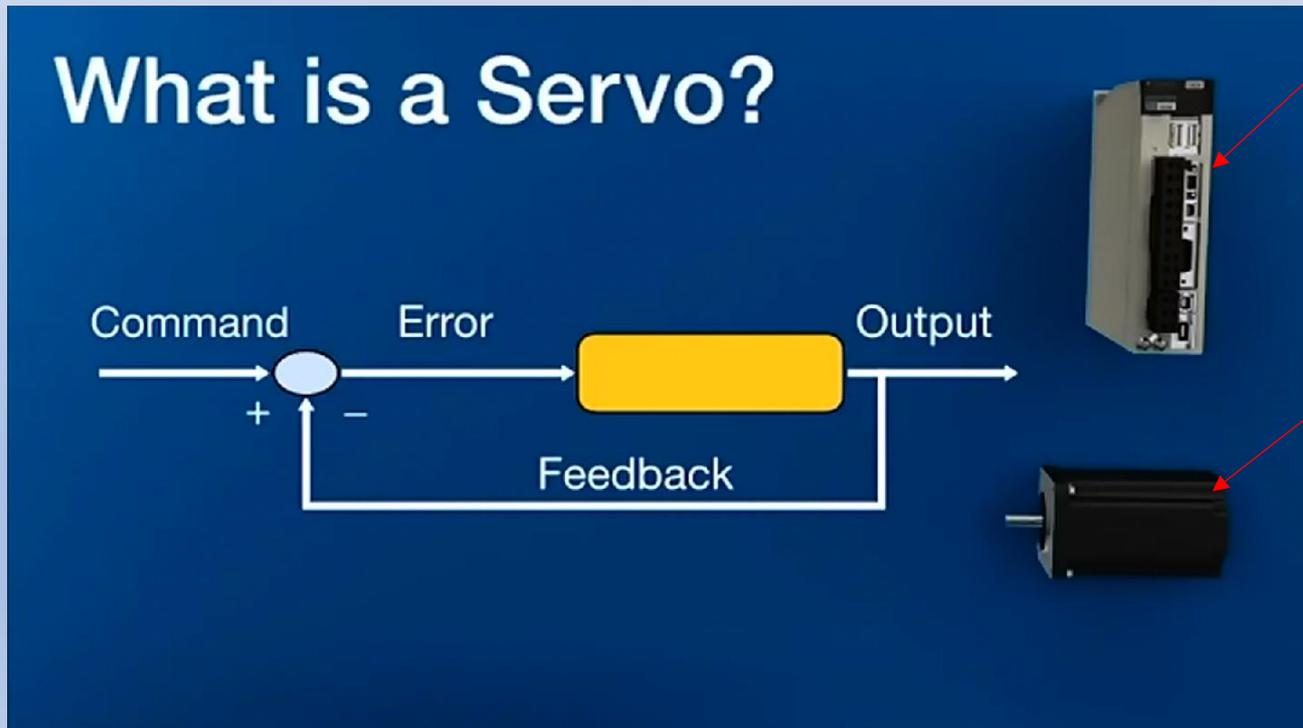
# CONTROLE DO ACIONADOR

- ❑ **Acionadores:** unidades que provocam o **movimento dos eixos** do robô. Cada eixo de movimento inclui, pelo menos, uma articulação, um vínculo e um acionador.
- ❖ Em alguns robôs, os eixos incluem dispositivos de transferência de movimento assim como unidades para identificar a posição relativa dos vínculos.
- ❖ Um eixo que contém tais unidades possui controle de malha fechada. Os sinais de controle provém de um controlador.



# CONTROLE DO ACIONADOR

- ❖ Mas isso ainda não é suficiente, pois a potência necessária para operar a unidade acionadora é relativamente alta, então usa-se um amplificador.

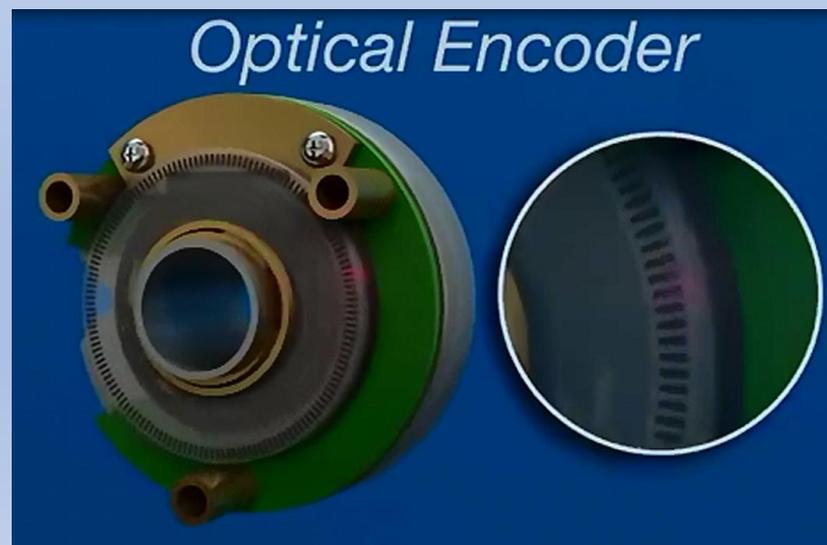


Amplificador

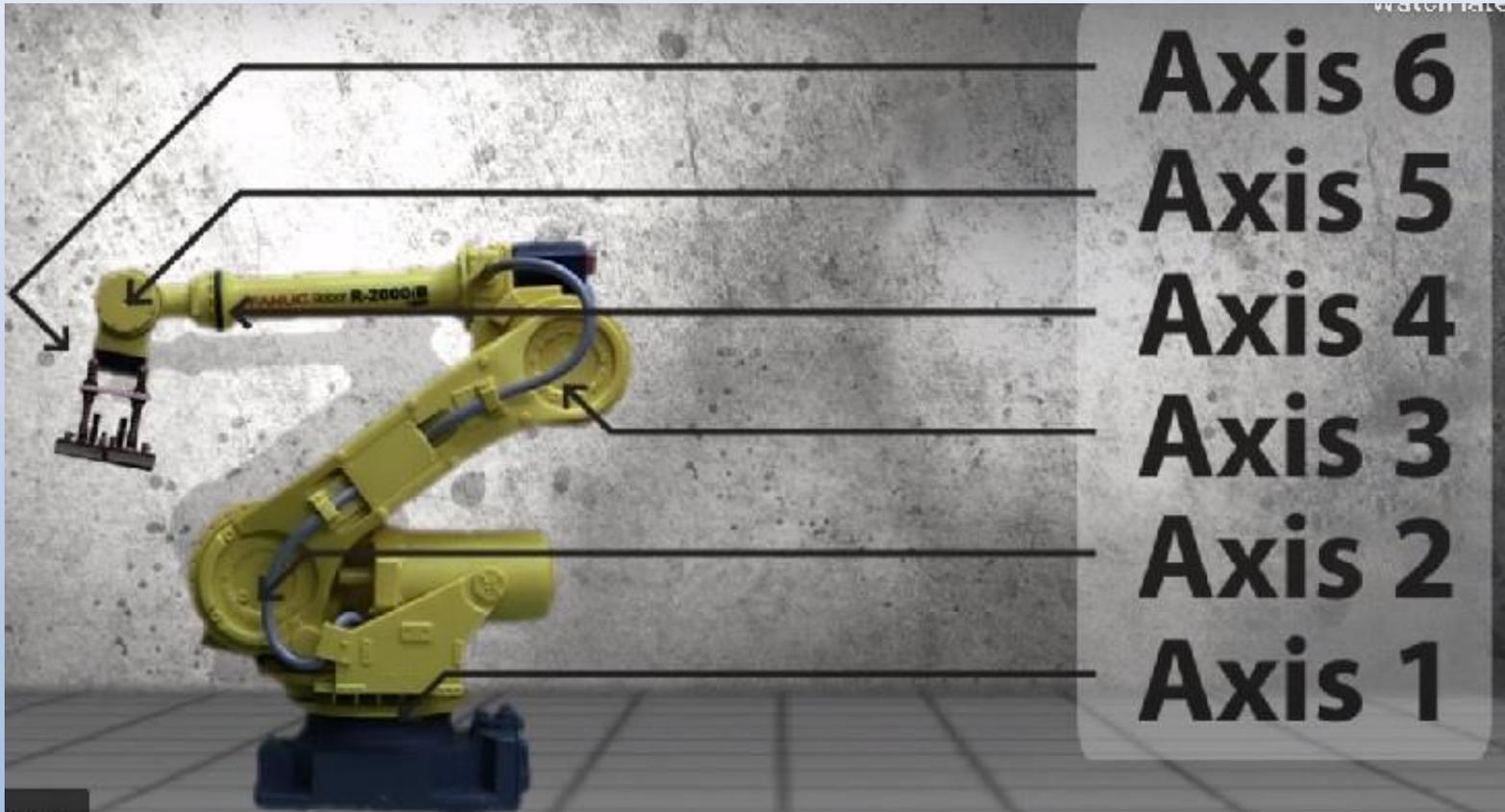
Unidade  
acionadora

# CONTROLE DO ACIONADOR

- ❑ Em um controle de malha fechada, não se pode medir nem corrigir eventuais erros, então não se tem certeza se o objetivo foi atingido.
- ❑ O Controle em malha fechada é utilizado em praticamente todos os robôs industriais existentes.
- ❑ Em um controle de malha fechada de um braço de robô, as unidades que informam sobre a posição atual dos vínculos é o encoder. Há um encoder presente em cada eixo a ser controlado.

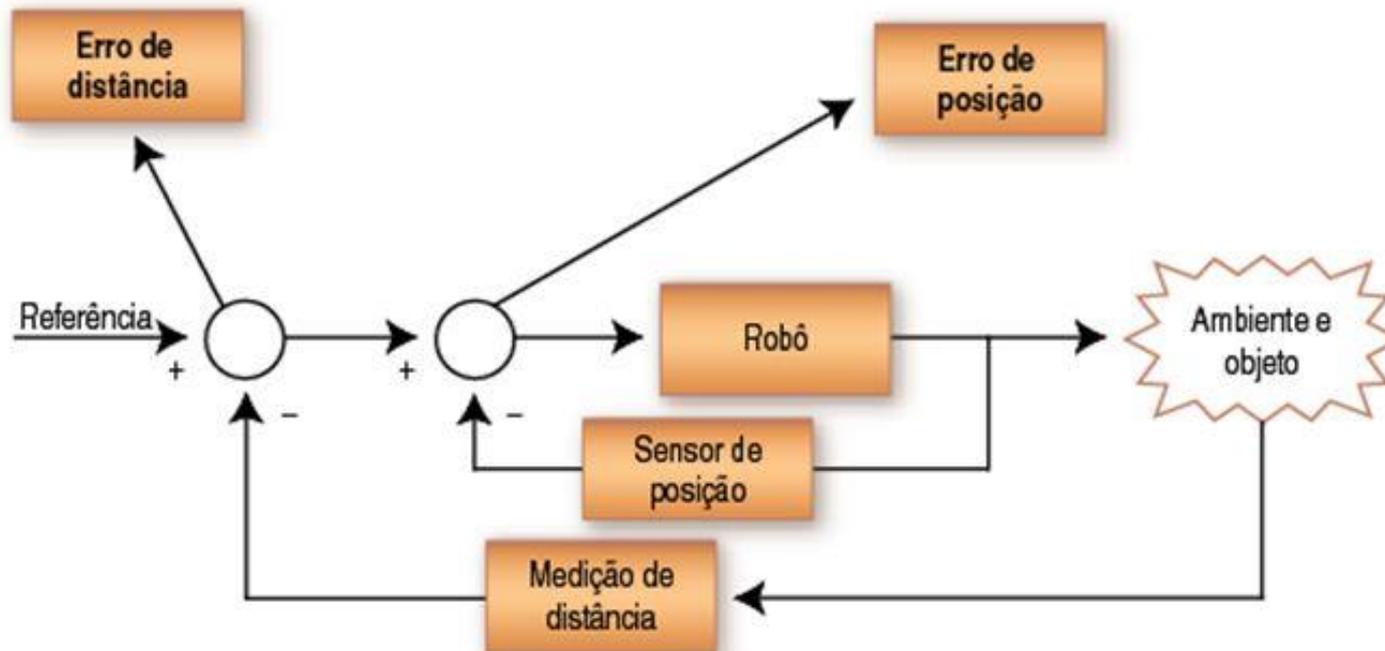


# CONTROLE DE TRAJETÓRIA



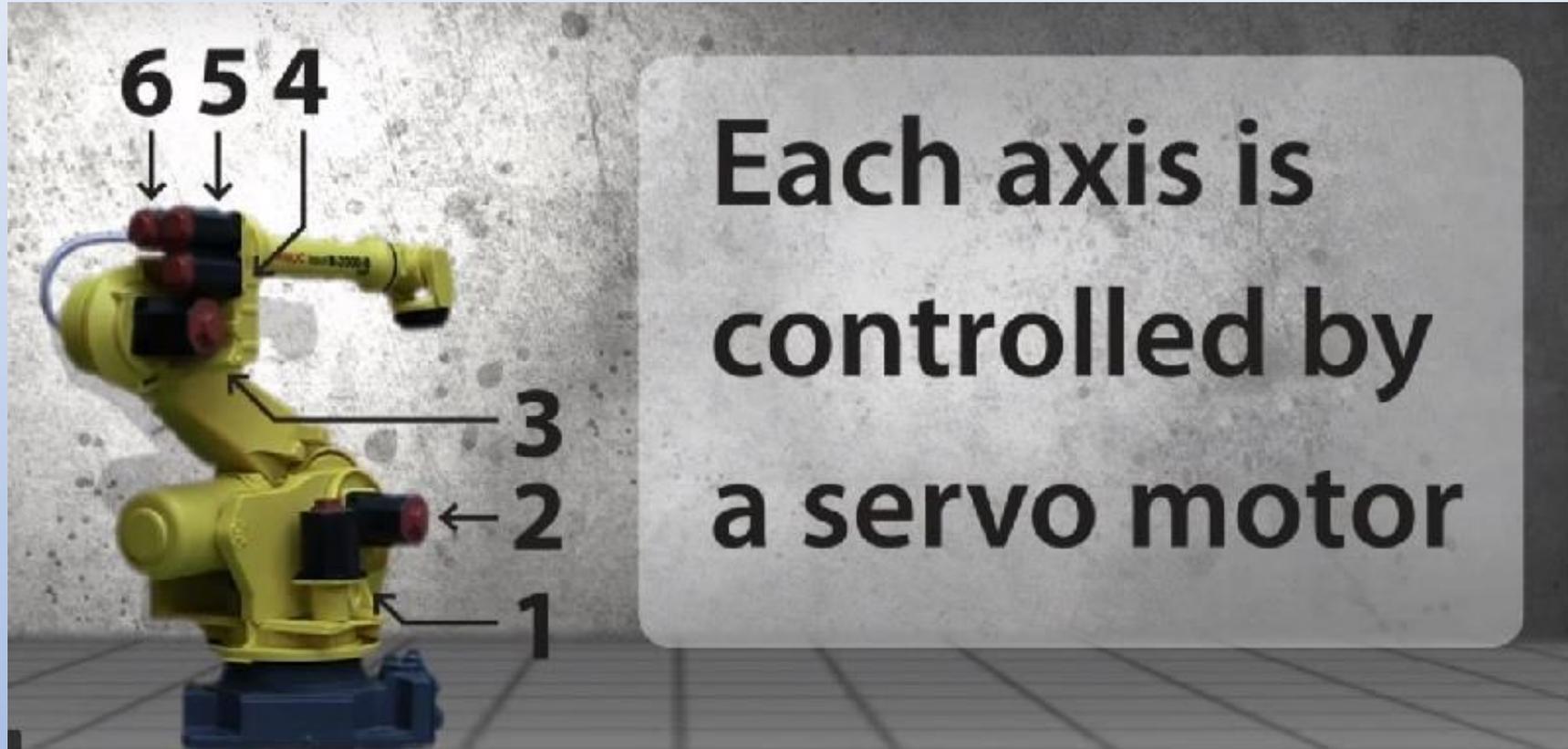


# Estrutura de controle de robô industrial



Duas malhas de comparação provenientes de um sensor de medição de distância de um objeto num dado ambiente (sensores externos) e de um sensor de posição (velocidade) de cada junta do robô (sensores internos).

# CONTROLE DE TRAJETÓRIA



# CONTROLE DE TRAJETÓRIA

- ❑ Cada tarefa executada por um robô pode ser considerada como uma série de operações, através das quais o atuador é movido pelo braço do robô entre dados pontos e operado como programado nesses pontos.
  
- ❑ O controle de trajetória pode ser dividido em dois métodos:
  - ❖ Controle ponto-a-ponto;
  
  - ❖ Controle contínuo.

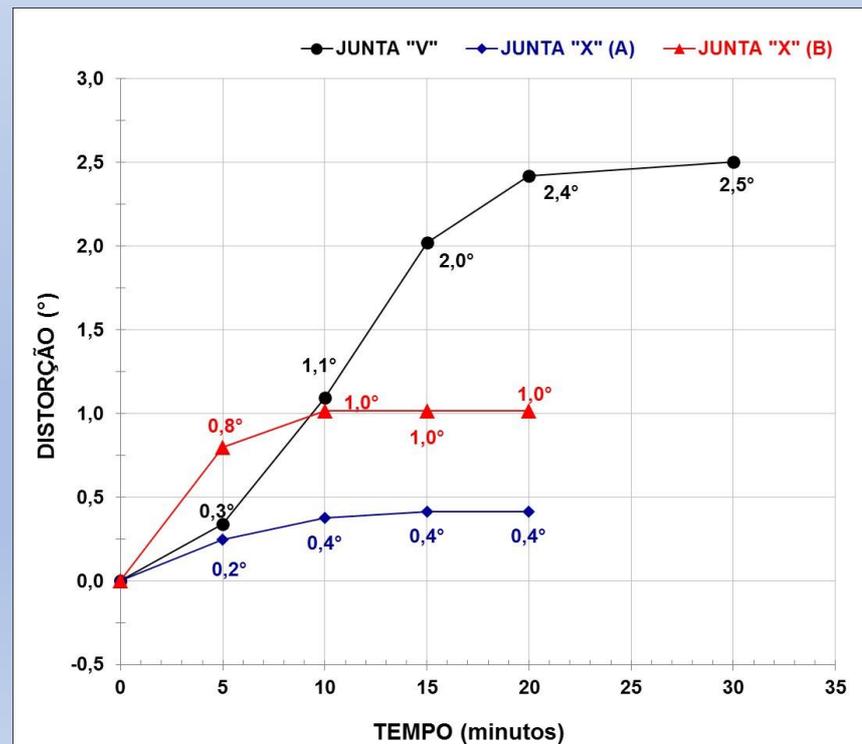
# CONTROLE DE TRAJETÓRIA

- Antes de descrever cada método, devemos definir alguns termos:
  - Ponto: localização no espaço em direção ou através do qual o atuador é movido por uma operação do braço do robô.
  - Passo: uma parte do programa operacional do robô. A cada passo, o robô executa uma atividade.
  - Série: uma coleção de passos que combinados formam o programa operacional do robô.

# CONTROLE DE TRAJETÓRIA

## □ CONTROLE DE TRAJETÓRIA PONTO-A-PONTO

- ❖ Neste tipo de controle, primeiramente definimos uma coleção de pontos para o robô. Então construímos a série e guardamos na memória do controlador.
- ❖ Quando rodamos a série, o braço do robô vai se mover pelos vários pontos, de acordo com a ordem dos passos na série.

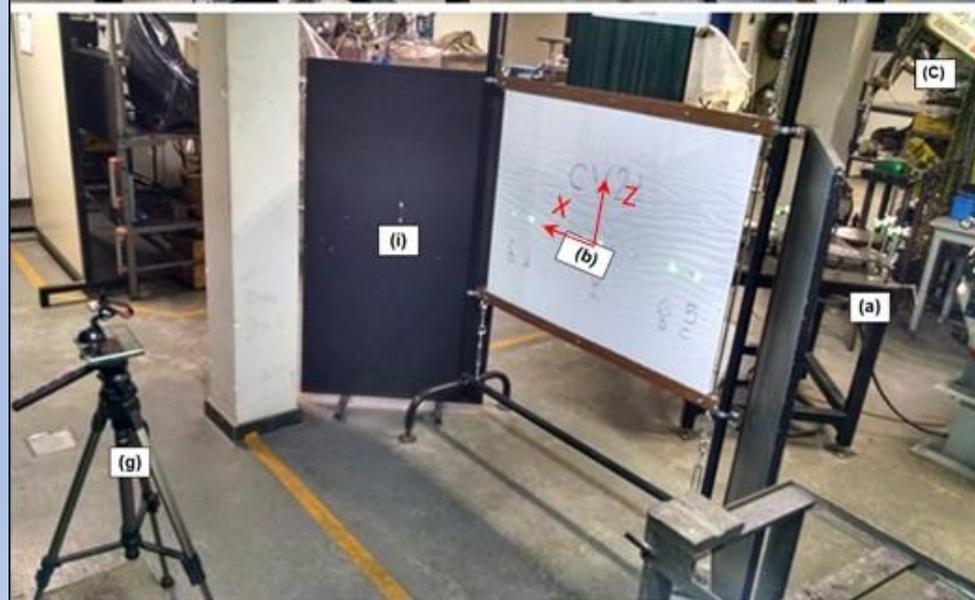


# CONTROLE DE TRAJETÓRIA

## □ CONTROLE DE TRAJETÓRIA PONTO-A-PONTO

- ❖ Em cada passo o robô sabe para onde ir, mas não conhece a trajetória que traçará para chegar a um certo ponto.
- ❖ Robôs com controle ponto-a-ponto são geralmente usados em séries onde o atuador não precisa realizar alguma função no decorrer do movimento. Uma aplicação típica é solda a ponto. A maioria dos robôs industriais opera em controle ponto-a-ponto.

# CONTROLE DE TRAJETÓRIA



# CONTROLE DE TRAJETÓRIA

## □ CONTROLE DE TRAJETÓRIA CONTÍNUA

- ❖ Esse método é mais complexo e caro do que o ponto-a-ponto, pois o braço deve se mover por uma trajetória exatamente definida.
- ❖ Os movimentos dos acionadores são coordenados pelo controlador do braço a cada instante, de tal forma que a trajetória irá se assemelhar o máximo possível com a programada.

# CONTROLE DE TRAJETÓRIA

## □ CONTROLE DE TRAJETÓRIA CONTÍNUA

❖ A trajetória do robô pode ser definida por dois métodos:

### 1. Método A:

- Nesta técnica, o braço do robô é movido manualmente pela trajetória desejada, enquanto o controlador grava em sua memória as posições das articulações a cada instante, através das informações fornecidas pelos encoders.
- A série é rodada mais tarde, o controlador comanda os acionadores de acordo com a informação em sua memória. O braço então repete a trajetória precisamente..

# CONTROLE DE TRAJETÓRIA

## □ CONTROLE DE TRAJETÓRIA CONTÍNUA

❖ A trajetória do robô pode ser definida por dois métodos:

### 2. Método B:

- Nesta técnica, a trajetória é definida por um determinado trajeto de movimento, tal como uma linha reta ou um arco passando por dados pontos.
- O controlador calcula e coordena o movimento a cada instante. O computador controlador deve ser mais rápido e ter mais memória do que o computador de um controle ponto-a-ponto.
- Robôs com controle de trajetória contínua são usados em séries onde o atuador deve realizar algum trabalho enquanto o braço se move. Uma aplicação típica é pintura com spray.

## ❑ Robo CNC

- ❖ Este sistema traz consigo elementos de operação típicos de um comando CNC.



# CONTROLE DE COORDENAÇÃO COM O AMBIENTE

- O movimento de um braço de robô é baseado em movimento coordenado de todos seus acionadores.
- As condições em que esses acionadores trabalham são diferentes. Diferem na carga, no momento de inércia e na velocidade, por exemplo.
- Essas condições variáveis podem exigir um diferente planejamento de controle para cada malha de controle.

# CONTROLE DE COORDENAÇÃO COM O AMBIENTE

- ❑ Em robôs modernos, cada malha de controle do acionador é controlada por um controlador.
- ❑ Se quisermos que o atuador se mova até determinado ponto, podemos ditar as coordenadas daquele ponto para o controlador que irá coordenar o movimentos das várias articulações.
- ❑ O operador não precisa se preocupar com o controle de cada eixo separadamente nem coordenar o movimento dos vários eixos, isso é função do computador controlador.

# Órgãos Terminais

## ❑ Definição

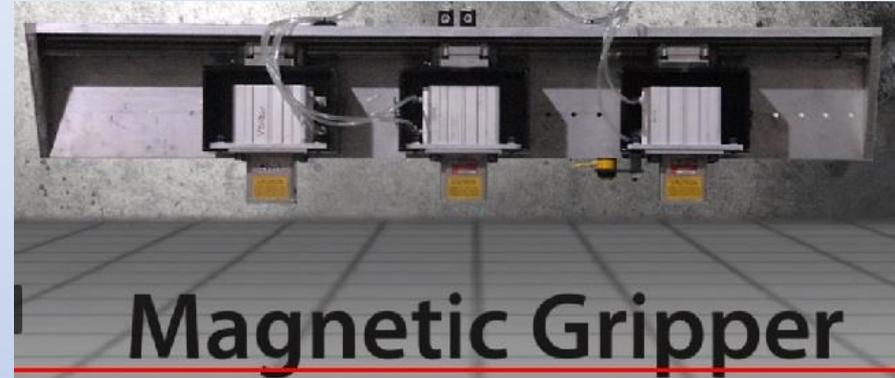
- ❖ Dispositivo fixado no punho de um robô que permite ao mesmo realizar uma tarefa específica.
- ❖ Em geral, os órgãos terminais são projetados especialmente para a tarefa a ser executada.
- ❖ A maioria dos fabricantes de robôs já oferecem determinados órgãos terminais como acessórios.

# Órgãos Terminais

- ❑ Garras – usadas para pegar e segurar objetos em operações como:
  - ❖ Carregar e descarregar máquinas;
  - ❖ Pegar peças de um transportador e arranjá-las sobre um pallet;
  - ❖ Manusear caixas, garrafas, matérias primas, etc.
  - ❖ Manipular ferramentas

# Órgãos Terminais

## ☐ Exemplos de Garras



# Órgãos Terminais

❑ Ferramentas - usado para realizar algum trabalho sobre a peça, e não apenas manuseá-la:

❖ Soldagem a ponto;

❖ Soldagem a arco;

❖ Pintura

# Órgãos Terminais

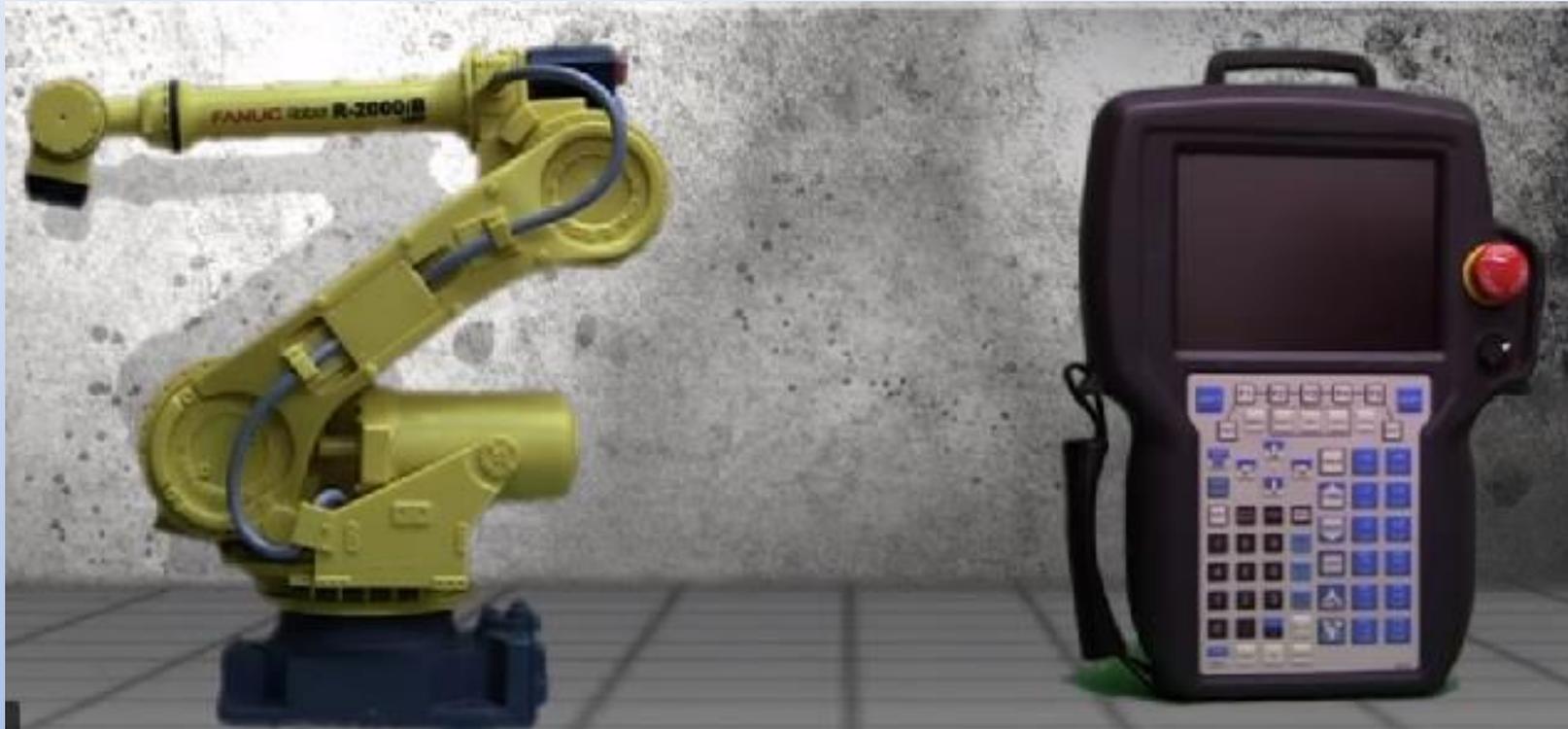
- Exemplos de Ferramentas



# CLASSIFICAÇÃO TEMPORAL DE PROGRAMAÇÃO

- ❑ Uma das principais diferenças entre controladores relaciona-se com o momento em que a trajetória de movimento é calculada, e com a habilidade de realizar mudanças na trajetória enquanto o braço está em movimento.
- ❑ Existem dois tipos de controle:
  - ❖ Programação off-line;
  - ❖ Programação e controle em tempo real.

# CLASSIFICAÇÃO TEMPORAL DE PROGRAMAÇÃO



# CLASSIFICAÇÃO TEMPORAL DE PROGRAMAÇÃO

## ❑ PROGRAMAÇÃO OFF-LINE

- ❖ Neste modo, o controlador do robô guarda a trajetória de movimento em sua memória como uma série de pontos e os correspondentes movimentos das várias articulações.
- ❖ Enquanto o programa está sendo executado, o controlador não realiza cálculos de trajetória. Ao invés disso, o controlador simplesmente lê os comandos de movimento da memória que já foram previamente processados.

# CLASSIFICAÇÃO TEMPORAL DE PROGRAMAÇÃO

## ❑ PROGRAMAÇÃO OFF-LINE

- ❖ Portanto, neste método não podem ser usadas séries em que ocorrem mudanças durante a execução do programa, tais como as que envolvem o uso de sensores.
- ❖ Programação off-line não necessita de computadores rápidos e complexos, por isso é menos dispendiosa do que controle em tempo real..

# CLASSIFICAÇÃO TEMPORAL DE PROGRAMAÇÃO

## □ PROGRAMAÇÃO E CONTROLE EM TEMPO REAL

- ❖ Nesta modo, o controlador recebe instruções gerais sobre a trajetória de movimento.
- ❖ Enquanto o braço está se movendo, o controlador deve calcular a extensão do movimento das várias articulações a fim de se mover pela trajetória desejada.

# CLASSIFICAÇÃO TEMPORAL DE PROGRAMAÇÃO

## □ PROGRAMAÇÃO E CONTROLE EM TEMPO REAL

- ❖ As informações recebidas dos sensores sobre mudanças no ambiente do robô enquanto o braço se move são processadas pelo controlador em tempo real.
- ❖ Controle em tempo real é preferível a programação off-line, por ser mais flexível na sua habilidade de mudar o curso de ação enquanto uma tarefa está sendo executada.

# CLASSIFICAÇÃO TEMPORAL DE PROGRAMAÇÃO

## ❑ PROGRAMAÇÃO E CONTROLE EM TEMPO REAL

- ❖ Esta flexibilidade exige um controlador mais complexo, incluindo um computador rápido o suficiente para processar a informação sem diminuir a velocidade de operação do robô.



# TIPOS DE SOFTWARE PARA O CONTROLADOR

□ Como já foi dito, o controlador do robô é composto de hardware e software. Este software pode ser dividido basicamente em dois componentes:

❖ Software de usuário;

❖ Software de controlador.

# SOFTWARE DE USUÁRIO

- É escrito pelo operador do robô para cada série executada pelo robô.
- Consiste numa coleção de pontos ao longo da trajetória e das operações executadas nesses pontos pelo atuador.
- São escritos em linguagens de alto nível.
- Escrever um programa de usuário é tarefa simples, qualquer um pode fazê-lo com algum treino.

# SOFTWARE DE USUÁRIO

## *Exemplos de linguagens*

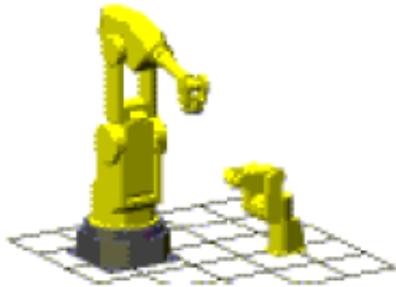
### ■ Linguagem

- ARLA, RAPID
- Karel, RG
- AML
- VAL, VAL II
- RAIL
- IRL (DIN 66312)
- KRL
- V+
- MRL
- BAPS

### Fabricante de Robôs

- ABB
- FANUC
- IBM
- UNIMATION, ADEPT
- AUTOMATIX
- REIS
- KUKA
- STAUBLI
- MITSUBISHI
- BOSH

# SOFTWARE DE USUÁRIO



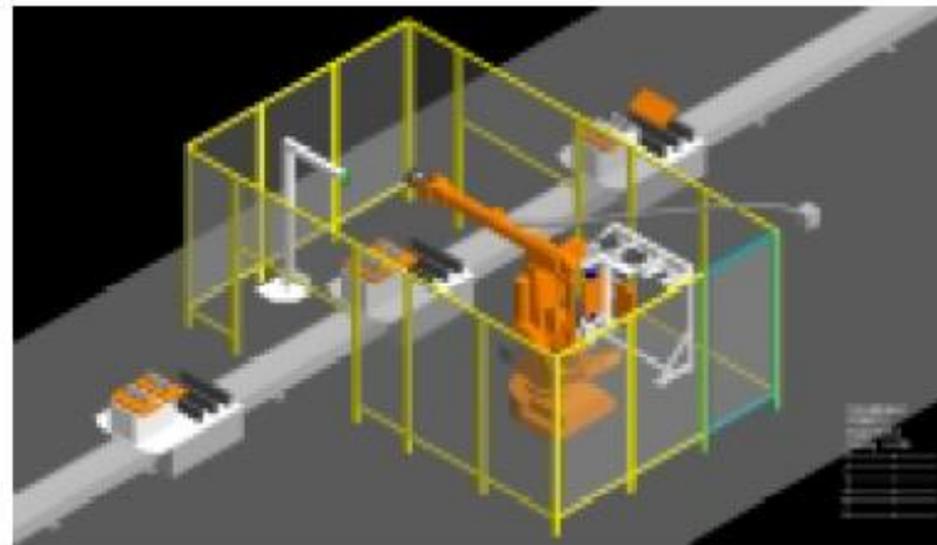
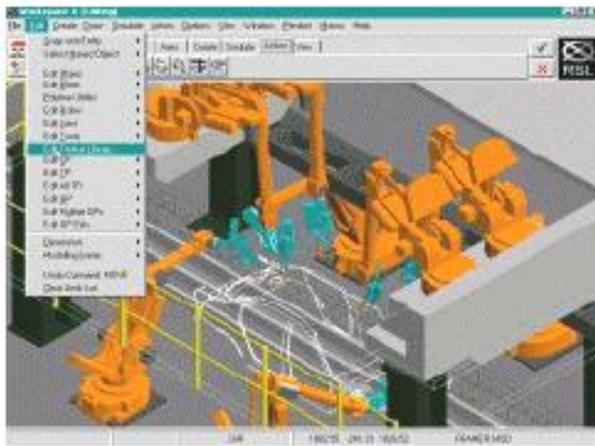
## LINGUAGEM KAREL

```
PROGRAM LIVRO_KAREL
-- ! LANGUAGE KAREL 2
-- ! MEMORY 8192
-- ! ROBOT IRB1400
-- TEACHPOINT DECLARATION:
VAR
WELD_BAS0GP3: POSITION
WELD_POLGP5: POSITION
WELD_POLGP4: POSITION
WELD_POLGP3: POSITION
WELD_POLGP2: POSITION
WELD_POLGP1: POSITION
WELD_BAS0GP2: POSITION
TP1 : POSITION
```

```
BEGIN
$UTOOL=POS(154.8749,-0,67.6648,90,0,90,")
$USEMAXACCEL=TRUE
%INCLUDE LIVRO#
WITH $MOTYPE=JOINT
  MOVE TO $HOME:$UTOOL
WITH $MOTYPE=Joint, $TERMTYPE=FINE, $SPEED=100
  MOVE TO WELD_BAS0GP2
WITH $MOTYPE=Joint, $TERMTYPE=FINE, $SPEED=100
  MOVE TO WELD_POLGP1
-- ! ARCWELDON 100.0,30
WITH $MOTYPE=Linear, $TERMTYPE=FINE, $SPEED=100
  MOVE TO WELD_POLGP2
WITH $MOTYPE=Linear, $TERMTYPE=FINE, $SPEED=100
  MOVE TO WELD_POLGP3
WITH $MOTYPE=Linear, $TERMTYPE=FINE, $SPEED=100
  MOVE TO WELD_POLGP4
WITH $MOTYPE=Linear, $TERMTYPE=FINE, $SPEED=100
  MOVE TO WELD_POLGP5
-- ! ARCWELDOFF
WITH $MOTYPE=Linear, $TERMTYPE=FINE, $SPEED=100
  MOVE TO WELD_BAS0GP3
WITH $MOTYPE=JOINT
  MOVE TO $HOME:$UTOOL
END LIVRO_KAREL
```

# SOFTWARE DE SIMULACAO

## Robot Simulations Ltd. *Workspace 4*



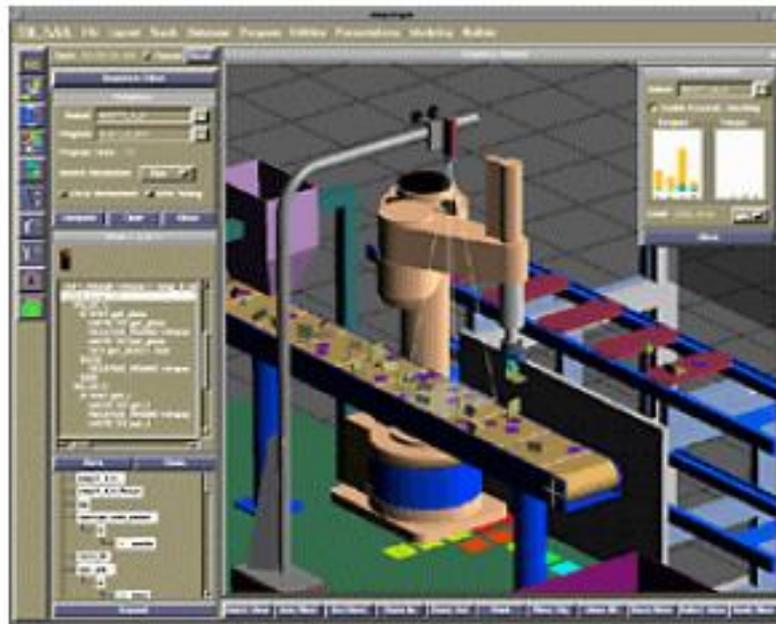
[www.rosl.com](http://www.rosl.com)

# SOFTWARE DE SIMULACAO

*SILMA*

*a division of Adept Technology, Inc*

**SILMA Products - CimStation Robotics**



[www.silma.com](http://www.silma.com)

# SOFTWARE DE SIMULACAO



**ROBCAD**

*Manufacturing Process Design & Robotics*

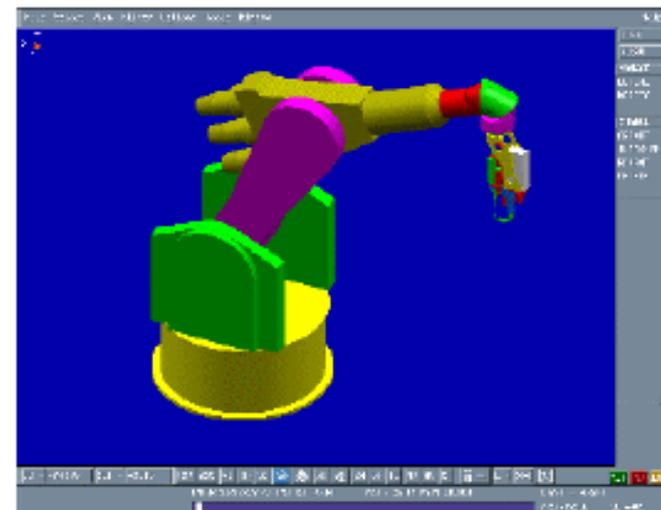
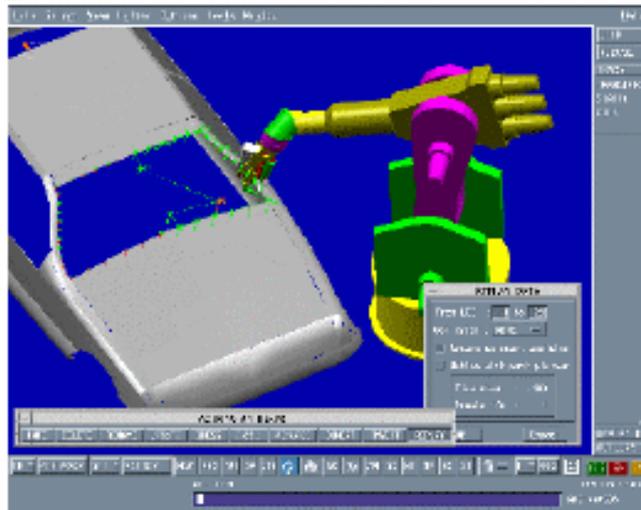


[www.tecnomatix.com](http://www.tecnomatix.com)

# SOFTWARE DE SIMULACAO

## CATIA CAD/CAM Solutions:

### Cell Design and Robot Programming Robot and Controller Definition



*Developed by Dassault Systèmes ([www.dsweb.com](http://www.dsweb.com))*

*Product marketing, services, consulting and customer support, by IBM Engineering Solutions*

[www.dsweb.com](http://www.dsweb.com)

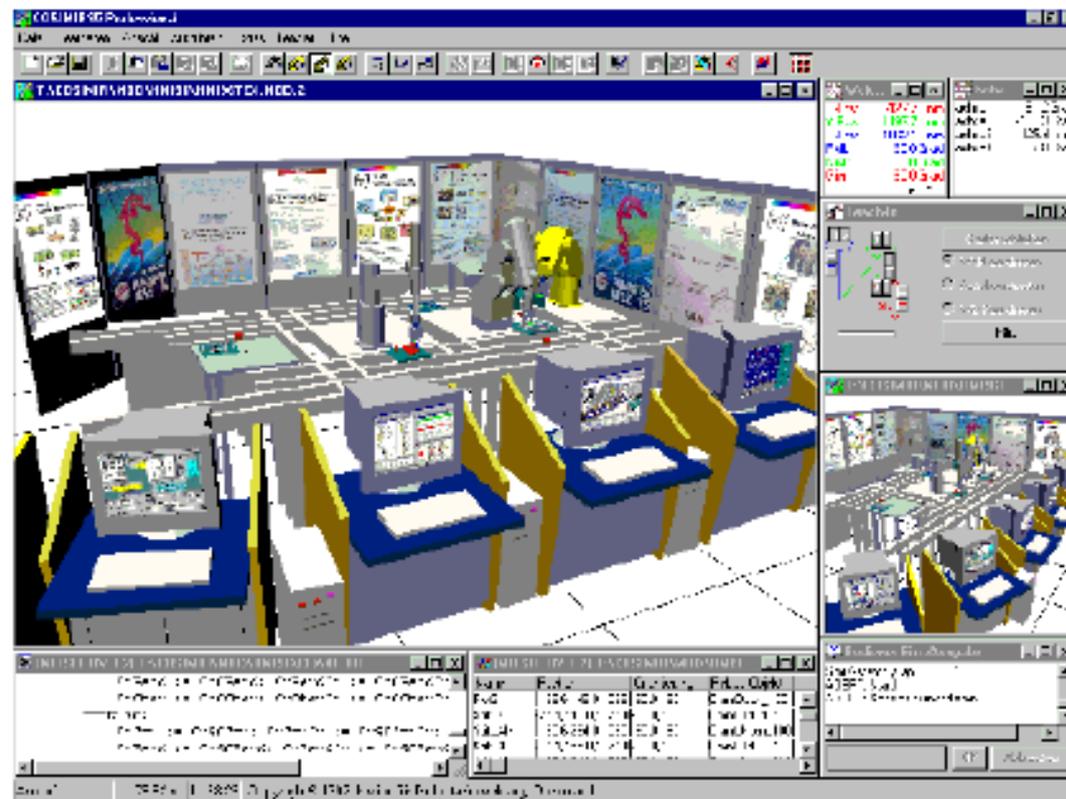
[www.catia.ibm.com](http://www.catia.ibm.com)

# SOFTWARE DE SIMULACAO



Institute of Robotics Research, University of Dortmund

## COSIMIR - Robot Simulation on PCs



# SOFTWARE DE CONTROLADOR

- ❑ É o software do robô que é escrito pelo fabricante.
- ❑ É o responsável pelo processamento dos comandos do programa do usuário e pela sua conversão em comandos para o robô.
- ❑ O grau de sofisticação do robô é fortemente determinado pelo software do controlador.
- ❑ Esse software em robôs avançados é complexo. Inclui centenas de cálculos que devem ser realizados rapidamente enquanto o robô está em movimento.
- ❑ Se torna mais complexo a medida que os graus de liberdade aumentam.

# Conclusões



[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2092683/mod\\_resource/content/1/Aula\\_2\\_Rob%C3%B3tica\\_2016.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2092683/mod_resource/content/1/Aula_2_Rob%C3%B3tica_2016.pdf)

[http://professorcesarcosta.com.br/upload/imagens\\_upload/Controladores%20de%20Movimento.pdf](http://professorcesarcosta.com.br/upload/imagens_upload/Controladores%20de%20Movimento.pdf)

<http://professorcesarcosta.com.br/disciplinas/n7srv>