

ROBÓTICA INDUSTRIAL: DEFINIÇÃO, SITUAÇÃO, TENDÊNCIAS, IMPLANTAÇÃO E GESTÃO

Edson de Paula Ferreira

Departamento de Engenharia Elétrica - UFES
Caixa Postal 761 - Vitória - ES

Resumo

Neste trabalho são analisados alguns dos aspectos macroscópicos mais polêmicos da robótica industrial. São definidos alguns conceitos qualitativos necessários à caracterização e ao estabelecimento das tendências da produção de robôs - universalidade ou modularidade? É explicitada a situação da robótica no contexto da automação industrial, são discutidos os aspectos da implantação de um sistema robotizado e analisadas as suas implicações, inclusive as sócio-econômicas. É mostrada com ênfase a necessidade de gestão do processo de robotização, bem como o estabelecimento de uma política adequada, mormente para os países em desenvolvimento, em particular o Brasil.

Industrial Robotics: Definition, Situation, Tendencies, Setting up and Management

Abstract

This paper analysis macroscopic and controversial aspects of industrial robotics. Some essential qualitative concepts that characterizes the robots and helps to establish tendencies to the robot manufacture (universal or modular), are defined. It is made explicit the robotic's situation in the scope of industrial automation. The setting up of robotics systems are discussed and their implications analysed, including social and economic aspects. It is laid emphasis on the necessity of robotization process management, just as well as in the establishment of an appropriate politic, mainly to the developed countries case - the Brazilian situation is emphasized.

1. INTRODUÇÃO

O nome robô deriva do substantivo Slavo "Robota", que significa trabalho em Russo e faxina em Tcheco. Ele foi utilizado pela primeira vez nos anos 20 pelo dramaturgo Tcheco Karel Capek, na sua obra "O robô universal de Rossum". A partir daí este nome foi vulgarizado pela ficção científica, designando humanos ou máquinas com características antropomórficas, dotados de capacidades de ação e decisão semelhantes ou mesmo superiores às do homem.

Os robôs atuais estão muito aquém da expectativa do leigo, sendo a robótica um domínio científico e tecnológico, onde a difusão e a vulgarização estão muito avançados em relação ao estado real dos conhecimentos teóricos e práticos na área.

Os robôs atuais resultam do desenvolvimento da inteligência artificial associada às seguintes tecnologias:

- A dos telemanipuladores usados na indústria nuclear.

- A das máquinas-ferramenta a controle numérico.

Em 1962, George Devol mostrou o que seria o primeiro robô industrial: o Unimate, um dispositivo com uma cadeia mecânica de um telemanipulador, sendo suas ligações acionadas como as máquinas a controle numérico.

Na figura 1, mostramos a estrutura mecânica de dois robôs manipuladores industriais e os movimentos elementares das ligações de seus corpos constituintes.

No universo das aplicações em robótica, os robôs dotados de um maior número de funções motoras, inteligência, e com uma autonomia adequada, seriam os robôs de exploração, necessários para trabalhos em ambientes hostis ou perigosos. Nesta área quase tudo está por fazer, sendo os robôs móveis atuais, restritos aos laboratórios de pesquisas e limi-

2. CARACTERIZAÇÃO

A robótica industrial é constituída pelas disciplinas e tecnologias necessárias à automação flexível da produção. Para melhor caracterizá-la, nós começaremos pelo seu elemento centralizador: o robô industrial.

Os robôs atuais não são caracterizados como máquinas de aparência humanóide, mas por critérios puramente funcionais, contudo não existe consenso ainda sobre que máquinas são ou não são robôs. Assim, se anuncia 50.000 robôs a serviço da indústria japonesa, sendo a maioria destas máquinas constituídas de sistemas articulados bem elementares, trabalhando na alimentação de outras máquinas. Estes seriam melhor caracterizados como sendo sofisticados sistemas de alimentação ou transferência.

Numa primeira tentativa de caracterização, poderíamos definir os robôs como máquinas que não repetem necessariamente a mesma classe de ações. Poderíamos ainda tentar caracterizá-los através de seus elementos ou sistemas constituintes:

- Sistema de controle
- Sistema de percepção (sensoreamento).
- Sistema de ação mecânica (locomoção ou manipulação).
- Sistema de inteligência (representação, decisões, tratamento e troca de informações).

A figura 2 mostra como se organizam os elementos funcionais de um robô.

Os critérios precedentes ainda são insuficientes para caracterizar os robôs. Veremos adiante as diversas definições formais de robôs, e como elas estabelecem um universo mais ou menos restrito. Contudo, estas definições não vão mudar a situação atual da utilização indiscriminada do nome robô, isto porque este nome está comercialmente "carregado". Assim, vemos na França eletrodomésticos mais sofisticados, denominados robôs.

Segundo a AFRI (Association Française de Robotique Industrielle), manipuladores modestos, efetuando automaticamente seqüências de trabalho, variáveis ou mesmo fixas, devem ser denominados robôs. E mais ainda, "a robótica deve englobar todas as novas adaptações em máquinas conhecidas e todas as máquinas desenvolvidas com base na utilização de técnicas modernas de controle, da informática e de novos sensores". É neste sentido "lato" que a robótica será entendida neste trabalho, englobando, além de suas aplicações não industriais, toda a automação flexível dos processos de produção industrial.

A caracterização formal dos robôs envolve a utilização de alguns conceitos fundamentais, a saber:

- A adaptabilidade, ou "inteligência", é a capacidade de executar uma tarefa numa vizinhança variável. Naturalmente o grau de adaptabilidade é definido pela complexidade das variações às quais ele consegue se adaptar.

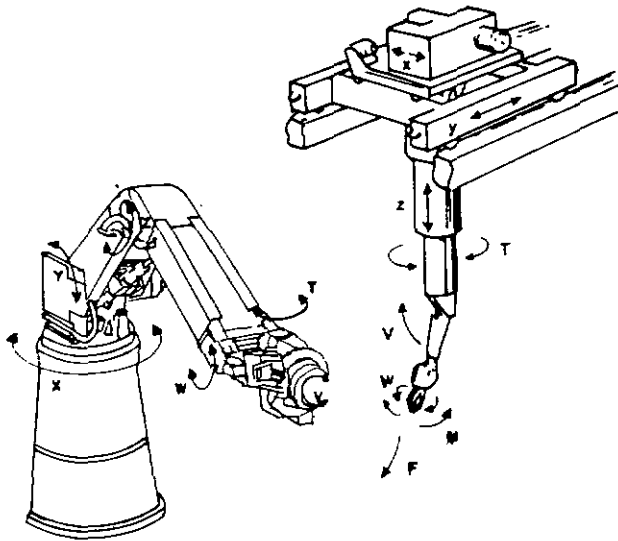


Figura 1

tados à aplicações específicas. Um exemplo do que poderia ser um robô de exploração, seria um "robô toupeira" para a extração de carvão em profundidade.

No contexto industrial predominam as ações de manipulação, sendo que a necessidade de deslocamento autônomo e inteligente é praticamente inexistente. Assim, a quase totalidade dos robôs industriais existentes são robôs manipuladores, que poderiam ser classificados como robôs de produção.

A robótica é considerada hoje a mola mestra de uma nova mutação dos meios de produção, isto devido à sua versatilidade, em oposição à automação fixa ou "hard", atualmente dominante na indústria. Os robôs, graças ao seu sistema lógico ou informático, podem ser reprogramados e utilizados em uma grande variedade de tarefas. Mas, como veremos, não é a reprogramação o fator mais importante na versatilidade desejada e sim a adaptação às variações no seu ambiente de trabalho, mediante um sistema adequado de percepção e tratamento de informação.

Na verdade existe uma grande discussão sobre os caminhos da robótica: em direção a um só robô universal ou a vários robôs especialistas? Existe também outra grande discussão sobre as qualidades que devem ter estes robôs. Estas qualidades são definidas por conceitos às vezes difíceis de distinguir: "inteligente", automático, polivalente, programável, modular, versátil, adaptável, capaz de reorganizar-se. Nós tentaremos esclarecer estes conceitos e as tendências no âmbito da robótica industrial.

Mais especificamente, os objetivos deste trabalho são os de discutir e esclarecer alguns dos aspectos macroscópicos da robótica industrial, mormente os de caracterização, situação, tendências e, finalmente, políticas de implantação e gerenciamento.

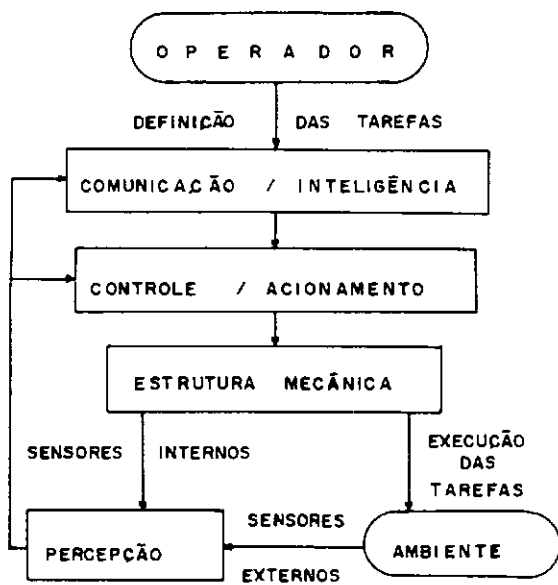


Figura 2

- A polivalência é a capacidade de executar diferentes classes de ações ou tarefas.

- A versatilidade é um conceito pouco claro que se presta a diversas interpretações. De modo geral, ele é usado englobando os dois conceitos anteriores.

- O grau de automatismo é a capacidade de um sistema executar tarefas, mais ou menos complexas, sem recorrer a um operador humano.

Estes conceitos podem ser melhor compreendidos através da qualificação dos três sistemas que inspiraram os robôs, são eles:

- O homem, frágil máquina industrial - não pode trabalhar em ambientes tóxicos ou contaminados, não suporta temperaturas altas e baixas e efetua um número reduzido de operações por hora. Mas é imensamente versátil: a polivalência na utilização de um braço humano é enorme, pois ele tem 27 graus de liberdade, e a adaptabilidade proporcionada por sua percepção e inteligência é tecnicamente inatingível.

- Os telemanipuladores são máquinas extremamente polivalentes - reproduzem em outra escala as funções de um braço humano, porém o seu grau de automatismo é quase nulo. A polivalência é também uma característica essencial dos robôs de uso médico (para suprir deficiências motoras). Estes robôs são concebidos para permitir a execução de um número muito diverso de tarefas, com uma pequena taxa de repetição.

- As máquinas-ferramenta a controle numérico tem elevado grau de automatismo, porém apresentam uma polivalência quase nula - a classe de ações executadas é sempre a mesma.

Assim, os robôs industriais podem ser definidos como máquinas que conjugam a poliva-

lência dos telemanipuladores e o elevado grau de automatismo das máquinas a controle numérico. Além disso, devem ter um grau de adaptatividade que permita atuar numa vizinhança complexa e evolutiva, substituindo ou ampliando funções de ação do homem, constituindo um meio de produção extremamente versátil. O problema desta definição é que não existe no mercado nenhuma máquina que se enquadre na mesma.

O RIA (Robot Institute of America) dá uma definição menos restritiva, substituindo a noção de adaptação pela noção de reprogramação: "um robô industrial é um manipulador multifuncional e reprogramável, concebido para mover cargas, peças, ferramentas ou dispositivos especiais, segundo movimentos programados variáveis, para a execução de diversas tarefas".

O JIRA (Japan Industrial Robot Association) dá uma definição ainda menos restritiva, distinguindo os seguintes tipos de robôs industriais:

A. Os robôs sequenciais - são manipuladores automáticos a ciclos, ou cadência de operações pré-estabelecidas, controlados em malha aberta, tem de 2 a 4 graus de liberdade e só executam tarefas simples, como por exemplo as do tipo "Pick and Place" (carga e descarga de prensas e máquinas ferramenta). Estes robôs podem ainda ser classificados em 2 tipos:

A1. Os robôs a sequências fixas - concebidos para uma única função. A cadência e as características das operações são modificáveis através de alterações materiais de difícil execução.

A2. Os robôs a sequências variáveis - as operações se efetuam de acordo com um programa pré-estabelecido e facilmente modificável.

B. Robôs a ciclos programáveis - são robôs mais sofisticados, possuem de 4 a 8 graus de liberdade e em função do modo de programação podem ser também classificados em 2 tipos:

B1. Robôs programáveis por aprendizagem ou robôs "playback" - são manipuladores que repetem uma sequência de posições, memorizadas mediante intervenção de um operador. A aprendizagem é também denominada programação direta.

B2. Robôs programáveis por linguagem ou qualquer método de programação indireta - programados a partir de uma representação elaborada pelo operador ou gerado por um sistema CAD-CAM.

C. Robôs inteligentes - são capazes de se adaptar às modificações de ambiente mediante sistemas evoluídos de controle, percepção, comunicação e decisão. Note que, nos tipos anteriores, as ações do robô sobre o seu ambiente eram a priori executados via "sincronização". Os robôs inteligentes devem ser capazes de executar tarefas via "interações" com o ambiente. Estes robôs ainda estão nos laboratórios de pesquisa.

Os telemanipuladores e os manipuladores a ciclo assistido manualmente, não são classificados como robôs. Estes últimos suprimem o esforço físico do operador, permitindo o manuseio de cargas pesadas, graças a um sistema especial de compensação da gravidade.

Alguns autores tendem a classificar os robôs em gerações. O problema é que sucessivas gerações não se substituem, elas convivem perfeitamente dentro de um mesmo processo de produção. Isto já fornece uma primeira pista sobre as tendências da produção de robôs industriais, o que será melhor discutido num item subsequente.

3. A ROBÓTICA NA AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

Os ciclos de produção industrial envolvem em geral sete operações básicas:

- Estudo e Concepção
- Preparação e Métodos
- Fabricação
- Controle de qualidade
- Acondicionamento
- Estocagem
- Venda e Manutenção

A automação pode intervir em quase todas estas operações. Na nossa análise nos limitamos à automação da fabricação.

As razões para automatizar são primordialmente de natureza econômica ou técnica. Isto pode ser constatado numa enquête envolvendo 1.575 empresas Americanas que automatizaram no todo ou em parte os seus processos de fabricação, e que o fizeram com os seguintes objetivos - considerando que pode haver mais de uma razão para automatizar:

- 89% para reduzir os custos de mão-de-obra.
- 78% para aumentar a produção.
- 31% para melhorar a qualidade dos produtos.

Os dois primeiros objetivos são consequência direta da automação sobre a produtividade do trabalho. O terceiro constitui uma consequência técnica da produção automatizada.

A automação industrial pode ser dividida, grosso modo, em duas áreas distintas:

- Automação dos processos contínuos
- Automação da produção em partes discretas.

A automação dos processos contínuos, designada comumente controle de processos, encontra as suas principais aplicações nas seguintes indústrias: cimento, química, refinarias, celulose, papel, têxtil, bebidas, siderurgia e metalúrgica. Nesta área os métodos clássicos e os equipamentos analógicos vêm sendo substituídos por abordagens modernas (controle digital distribuído), e equipamentos digitais mais versáteis (controlador lógico programável).

A produção de partes discretas pode ser feita em unidades, como em algumas indústrias de bens de capital ou como nas indústrias naval e aérea. Pode também ser feita

em lotes ou séries de partes discretas, como na indústria automobilística. Na produção de unidades, o uso de máquinas automáticas, como as máquinas-ferramenta a controle numérico, é motivado pela qualidade e precisão exigidas.

A automação da produção seriada, comumente denominada automação da manufatura, pode ser dividida em dois tipos:

- Automação rígida (fixa ou hard)
- Automação flexível.

A automação de um processo industrial necessita investimentos em materiais, concepção e testes. Quanto mais automatizada é a fabricação, maiores são estes investimentos. O grau de automação está diretamente relacionado com a especialização das máquinas de produção. Assim, quanto maior é a especialização dos meios de produção, maior deve ser a série de fabricação, para uma amortização conveniente dos investimentos feitos.

A automação rígida, altamente especializada, só se justifica para a produção de grandes séries, da ordem de dezenas de milhares de peças. A automação rígida leva a níveis de produtividade elevados, contudo a sua versatilidade é nula, isto é, não se pode produzir um outro produto diferente.

Segundo Laurgeau (1981), o parque industrial, mesmo nos setores de ponta dos países desenvolvidos da Europa e nos EUA, tem a sua produção ainda pouco automatizada, raramente ultrapassando 10% a 20%. Isto se deve principalmente ao fato de termos aproximadamente 75% da produção de bens, em séries que vão de 100 a 10000 unidades, o que não justifica a utilização de equipamentos de automação rígida.

Para as séries curtas, de algumas dezenas a algumas centenas de unidades, que necessitam a destreza e a inteligência humana em numerosas intervenções no processo, a solução manual é adotada.

Quando se faz necessário aumentar a produtividade, diminuir o preço, aumentando simultaneamente a qualidade e a homogeneidade dos produtos manufaturados, é preciso um equipamento de produção automatizado, mas flexível. Assim o investimento será amortizado nas séries curtas e médias, dos vários produtos fabricados pelo mesmo equipamento, mediante simples reprogramação.

Vemos assim que o domínio onde a robótica (automação flexível) potencialmente pode intervir é gigantesco - aproximadamente 70% de toda a produção industrial manufatureira. Isto justifica a afirmação, na introdução deste trabalho, de que ela poderá ser a mola mestra de uma nova mutação dos meios de produção.

A figura 3 ilustra, grosso modo, a relação entre o custo por peça manufaturada versus o número de peças produzidas, para as três formas de produção: automação rígida, automação flexível e produção manual.

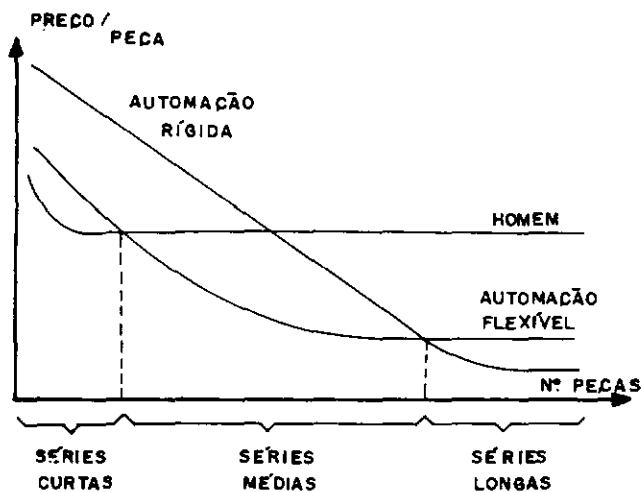


Figura 3

As primeiras aplicações dos robôs foram na indústria automobilística. Eram robôs equipados com ferramentas para solda e pintura, introduzidos não somente devido à sua alta produtividade, mas principalmente à natureza do trabalho. A figura 4, mostra a repartição dos robôs programáveis por setores industriais (Catier, 1979)

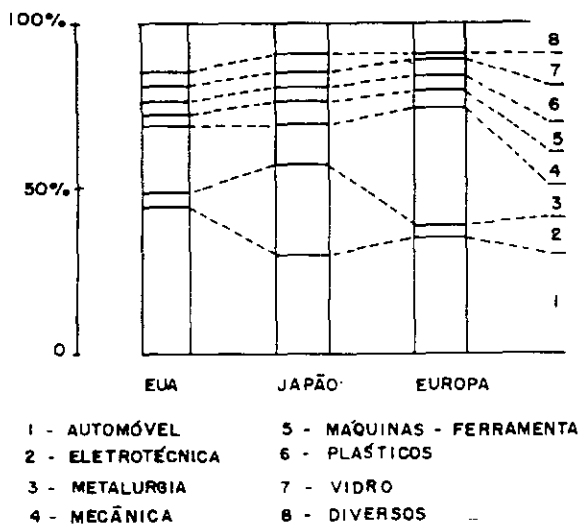


Figura 4

Se considerarmos o conjunto dos robôs, a indústria automobilística absorve 19% nos EUA, 40% no Japão e 58% na Europa, de toda a produção em robótica, sendo praticamente o único setor que realmente investe no desenvolvimento de robôs. Assim a Volkswagen fabrica seus próprios robôs, a Fiat os fabrica através de sua filial Comau, e a Renault através de sua filial Acma Cribier.

Ferretti (1982) apresenta uma relação exaustiva de tipos e fabricantes de robôs industriais e Amaral (1983) analisa as aplica-

ções em solda a ponto, solda a arco, pintura, montagem e alimentação de prensas e máquinas ferramenta.

No âmbito deste trabalho nos limitaremos a listar as principais aplicações industriais por famílias de robôs que, além das manipulações difíceis de classificar, são as seguintes:

I) Manipuladores sequenciais

- Serviço de prensas (carga e descarga)
- Serviço de máquinas-ferramenta
- Transferência de peças para montagem
- Micromanipulação de circuitos
- Manipulação em micromecânica
- Montagens repetitivas (enroscar peças)
- Serviço de prensas de estamparia
- Alimentação de máquinas de moldar (injeção sob pressão)
- Extração de moldes de máquinas de moldar
- Serviço de fornos e forjas
- Manipulação de cargas pesadas
- Pintura de objetos especiais

II) Manipuladores programáveis

- Solda (a arco ou a ponto)
- Pintura
- Montagens
- Serviço de máquinas-ferramenta
- Controle de qualidade
- Serviço de fornos, forjas e fundições
- Rebitagem
- Paletização
- Acabamento de peças
- Posicionamento de peças para solda
- Manipulação de cargas pesadas

III) Manipuladores inteligentes (adaptáveis)

- Montagem e inserção de peças
- Manipulações com controle visual (Laser)
- Soldagem com controle visual (Câmera)

As duas últimas aplicações ainda constituem um estágio muito primitivo de adaptação. Outras aplicações mais inteligentes e adaptáveis estão sendo feitas nos laboratórios de pesquisa.

4. ROBÔ MODULAR OU ROBÔ UNIVERSAL?

A filosofia de concepção dos primeiros robôs estava fortemente voltada para o seu modelo humano: universalidade, características antropomórficas... Nós discutiremos neste ítem a evolução desta concepção.

O conceito de robô universal está intimamente ligado à sua versatilidade evoluída segundo os seus dois aspectos:

- Polivalência
- Adaptabilidade

A polivalência é entendida aqui sob o ponto de vista mecânico. Quanto mais graus de liberdade tem a estrutura mecânica, maior a sua polivalência. Para posicionar e orientar um corpo no espaço é necessário uma cadeia mecânica articulada tendo no mínimo seis ligações com movimentos independentes. Assim, um robô universal deve ter no mínimo

seis ligações. Ligações adicionais tornam o robô redundante, possibilitando contornar obstáculos e dando maior versatilidade para a execução de tarefas.

A adaptabilidade "ideal" necessita um sistema de controle elaborado, que permita movimentos rápidos e precisos, adaptativo às variações de cargas em serviço, integrado a um sistema de percepção evoluído e a um sistema inteligente de tratamento e troca de informação (para a comunicação homem-máquina, reconhecimento de formas e resolução de problemas); e finalmente, interligado a um sistema CAD-CAM para representação e programação de tarefas.

E no âmbito industrial, quais serão as características desejáveis para um robô? A princípio pensou-se que os robôs universais, que são extremamente caros, acabariam sendo usados para todas as tarefas. Contudo, para carregar e descarregar prensas e máquinas ferramenta, não é necessário mais que um robô sequencial simples, barato e com 2 ou 3 graus de liberdade. Por isto, a polivalência cedeu lugar à modularidade.

A modularidade é uma tecnologia de concepção que permite que se adapte a arquitetura do robô à sua utilização. Diferentes arquiteturas podem ser obtidas pela montagem de elementos modulares de rotação, de translação, módulos "punho" (com 3 graus de liberdade), módulos ou rótulas múltiplas ("tromba de elefante", para robôs de pintura) e múltiplos órgãos de preensão e serviço (mãos-ferramenta)

A modularidade seria complementada por um fator de escala. Os módulos sendo fabricados em 3 escalas diferentes, a concepção de um robô adequado à uma certa aplicação seria feita em tempo mínimo. A maioria dos robôs no mercado são modulares: Os robôs sequenciais típicos são constituídos de unidades pneumáticas modulares. Na figura 5 é mostrado um robô modular de concepção mais evoluída.

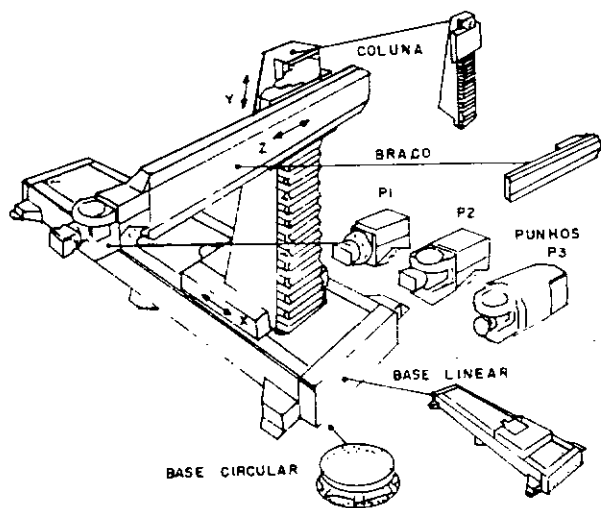


Figura 5

A modularidade possibilita que a escolha do tipo e número de elementos do robô dependa essencialmente da tarefa a executar. A polivalência do robô é a menor, que atenda aos objetivos fixados, com o menor custo possível.

A partir de dados de fabricantes americanos, Rossol (1983) afirma que, se no desenvolvimento de um robô (mecanismo) o custo e "C" e o tempo "T", o custo e o tempo dos seus outros constituintes (eletrônica e software) é dado pela tabela:

	DESENVOLVIMENTO	
	CUSTO	TEMPO
MECANISMO	C	T
ELETRÔNICA	3 C	2 T
SOFTWARE	6 C	3 T

Vemos que o custo e tempo de desenvolvimento do mecanismo são respectivamente 10% e 15% dos custos e tempos globais. As consequências disto são:

- Cada fabricante terá vários tipos de mecanismos de robôs, modulares ou mesmo especializados para tarefas específicas.

- A eletrônica de controle será padronizada num mínimo de tipos.

E a evolução do software? Esta, bem como os sistemas de percepção e controle, estabelecem a adaptabilidade dos robôs, que no seu estágio atual atendem, embora precariamente, às aplicações onde a robótica é realmente mais necessária, como por exemplo a pintura e a solda.

A passagem aos estágios posteriores de uma adaptabilidade evoluída, depende de soluções adequadas para os vários problemas tecnológicos relativos à adaptabilidade ideal, definida anteriormente.

Os problemas de inserção e montagem necessitam um elevado grau de adaptabilidade na sua solução. A indústria de robôs nos EUA, Japão e Europa, necessita urgentemente resolver os correspondentes problemas de controle, programação e sensoramento, para poder continuar crescendo no mesmo ritmo - o mercado dobra a cada 2.5 anos.

Um enorme esforço de pesquisa e desenvolvimento tem sido feito nesta área. A França, por exemplo, tem o projeto ARA - Automation et Robotique Avancées, que compreende trabalhos de pesquisa e desenvolvimento, coordenados pelo CNRS (Centre National de la Recherche Scientifique), em associação com 9 organizações de desenvolvimento científico e tecnológico, 45 laboratórios de pesquisa, 10 indústrias de robôs e equipamentos

relacionados, dispendo de 150 pesquisadores em tempo integral e tendo um orçamento anual aproximado de 7,5 milhões de dólares (Giralt, 1982).

As consequências do estabelecimento das tecnologias de inserção e montagem na produção dos países desenvolvidos serão analisadas no item 6.

5. IMPLICAÇÕES DA ADOÇÃO DE UM SISTEMA ROBOTIZADO

Os interesses técnico-econômicos para a utilização da robótica são os mesmos que para a automação em geral. Isto é:

- Aumento da produção
- Custo da mão-de-obra
- Homogeneização e melhora na qualidade dos produtos.

Do ponto de vista humano, a introdução de robôs na indústria teria como objetivo liberar o trabalhador das condições de trabalho insalubre ou de alto risco, ou eliminar a fadiga inerente ao trabalho tedioso. O trabalho tedioso ou repetitivo tem consequências diretas sobre o aumento dos acidentes de trabalho e a variação de qualidade dos produtos.

Uma relação não exaustiva destas tarefas seria: manipulação de peças pesadas, triagem de peças de pequena dimensão, fabricação e controle de qualidade em micro-mecânica e micro-eletrônica, trabalhos em fundição, ambientes de trabalho corrosivos, tóxicos, barulhentos ou com muito pó.

Independentemente das razões econômicas e humanas, existem interesses técnicos, para algumas tarefas específicas que o homem simplesmente não pode executar, além dos clássicos: manipulação de objetos radioativos, exploração submarina em grandes profundidades, exploração espacial..., temos por exemplo, a montagem de elementos que exija a simultaneidade de várias ações - um robô pode ter vários braços.

Uma enquete no Japão (Hasegawa, 1979), sobre as razões da robotização de alguns setores de indústrias, mostrou o seguinte resultado:

- Economia de mão-de-obra	44,5%
- Melhorias da condição de trabalho	25,0%
- Aumento da flexibilidade	13,5%
- Melhorar o controle de qualidade	8,0%
- Outros	9,0%

Os interesses citados anteriormente não representam a totalidade dos aspectos a serem analisados, na avaliação das implicações da adoção de um sistema robotizado. Esta avaliação, extremamente complexa, é feita geralmente de modo superficial, sendo que as consequências reais da robotização nem sempre correspondem aos objetivos anunciados (Sereine, 1982).

Objetivando a aquisição de uma competência que possibilite esta avaliação e possa definir as condições nas quais a robo-

tização será eficaz, o Conselho Econômico e social Francês propõe em seu relatório "L' utilization de la robotique dans la production et ses perspectives d'avenir", que as experiências já feitas na área, mormente as da indústria automobilística, sirvam de referência. Propõe ainda o estabelecimento de uma estratégia de avaliação, sugerindo um conjunto de questões, às quais acrescentamos algumas, e cujas respostas podem ser extremamente úteis:

1. Qual o objetivo da Produtividade?
 - Diminuir os tempos necessários: na concepção, na cadência
 - Aumentar a produção
 - Suprir a falta de mão-de-obra qualificada
2. Quais os objetivos da rentabilidade?
 - Diminuir o consumo de matérias primas
 - Aumentar a versatilidade da produção
 - Aumentar a confiabilidade da linha de produção
 - Melhorar a qualidade dos produtos
 - Homogeneizar a produção
 - Possibilitar a realização de tarefas não factíveis pelo homem.
 - Diminuir os custos com a mão-de-obra.
3. Quais são as características dos meios envolvidos?
 - O tipo de material e de software
 - Onde foram feitas as pesquisas e o desenvolvimento deste sistema? (tecnologia nacional ou importada)
 - Onde são fabricados os materiais?
 - Quem faz a implantação?
 - Qual é o papel do Estado nesta iniciativa? (existe uma política oficial de modernização industrial?). A empresa receberá ajuda, ou subvenção, para ou por esta mudança?
4. O sistema em questão foi objeto de negociação com os trabalhadores?
5. Como evoluirá o efetivo de empregados?
 - Supressão (de empregos, de cargos)
 - Criação (permanente, provisória)
 - Transferências (setoriais, geográficas).
6. Como evoluirá a qualidade do trabalho?
 - Higiene e segurança
 - Condições físicas de trabalho (postura, ruídos, calor...)
 - Condições psicológicas de trabalho
 - Tempo e escalas de trabalho
 - Evolução da qualificação
 - Evolução da classificação
 - Como evoluem as diversas categorias salariais (operários, executivos...)
 - Como evoluem os status (contratos temporários, permanentes,...)
 - Como evolui a política de sub-empregada (serviço ou fornecimento).
7. Formação e informação
 - Quais as reconversões necessárias?
 - Qual a formação inicial e a permanente?
 - Qual é a informação difundida junto aos trabalhadores sobre as consequências da mudança tecnológica?
8. Liberdade

- Como evolui o controle social sobre os trabalhadores? Controle de cadências, controle de erros, controle de deslocamentos...

9. Os produtos e serviços

- O sistema permite a criação de novos produtos?
- Como evoluem os produtos influenciados pela robotização? (concepção, possibilidades de concertos ou manutenção...)

10. Balanço do sistema robotizado (previsto e/ou realizado)

- Como evolui a capacidade de produção
- Qual é a rentabilidade deste sistema?
- Qual seria a rentabilidade de outro sistema?
- Como foi repartido o acréscimo de produtividade:
 - Aumentos salariais?
 - Redução da jornada de trabalho?
 - Criação de novos empregos?
 - Melhorias na qualidade de vida?

Para um melhor levantamento das características e dos custos de implantação, bem como a seleção adequada dos robôs e seus periféricos, nós consideramos como essenciais os seguintes aspectos:

- Condições ambientais de trabalho
- Configuração das máquinas
- Espaço disponível
- Tipo e número de máquinas ferramenta
- Dispositivos e vias de alimentação e evacuação
- Volume de trabalho desejado
- Características das peças a trabalhar
- Ferramentas necessárias
- Cadência de saída
- Vida útil das máquinas
- Confiabilidade requerida
- Controle de qualidade
- Meios de segurança no trabalho

Alguns dos aspectos citados são de difícil estimativa ou avaliação, tais como a produtividade, a rentabilidade, os gastos de implantação (materiais, testes, reordenação de espaço e de funções). No que se refere à implantação de um sistema robotizado Wornecke (1982) propõe uma metodologia assistida por computador. Esta metodologia reduz o tempo de estudo, permitindo a comparação de soluções alternativas em simulação, levando em conta as cadências de operação, a taxa de eficiência de cada máquina, os tempos de operação dos robôs e máquinas... Quanto à rentabilidade de um projeto, André (1982) propõe uma metodologia de avaliação, também assistida por computador.

Nós consideramos que a formação de pessoal competente para a análise global de todos estes aspectos é urgente. As pequenas e médias empresas, os sindicatos e as outras partes interessadas, não podendo dispor de pessoal com qualificação para esta análise, deveriam ser assessorados por um grupo de especialistas, sob a gerência de comissões mistas de órgãos governamentais, como o Ministério da Ciência e Tecnologia, o Ministério do Trabalho ou ainda o Ministério da Indústria

e Comércio.

O autor considera ainda que para a automação geral e a robotização em particular, é necessário uma política de médio e longo prazo que promova, entre as partes envolvidas, um maior equilíbrio de forças e uma maior in- formação das implicações da robotização. Esta discussão será objeto do nosso próximo item.

6. A ROBOTIZAÇÃO - UM PONTO DE VISTA

Os aspectos sócio-econômicos da penetração da automação nos meios de produção são complexos e polêmicos, podendo ser vistos sob diversos prismas. Algumas abordagens pessimistas, olhando uma fotografia instantânea do processo, alegam que se os ganhos na produtividade e na constância da qualidade são argumentos de peso, do outro lado da balança estariam o desemprego e uma maior restrição à criatividade humana. Este último aspecto seria devido à fragmentação do trabalho em lotes de partes simples, o que permitiria a substituição de um operário melhor qualificado, por um menos qualificado, menos remunerado, constringido a uma maior produtividade e sujeito, entre outras coisas, a uma maior alienação.

Discutindo-se estas questões, não somente a nível de setor ou fábrica e num determinado instante, mas a nível de país e num tempo mais dilatado, poderíamos antever efeitos mais positivos:

- Consta-se historicamente que o desemprego é um problema do desempenho global da economia e do crescimento real de um país, que a tecnologia tem sido fator decisivo de desenvolvimento e tem conduzido a um aumento real do nível de vida (mais empregos e melhores salários). Uma gestão adequada da robotização a nível de país preservará esta tendência?

- A robótica recompõe em parte o trabalho de execução, fragmentado na automação em geral. Contudo, autores como Vieira (1985) alegam que com as máquinas inteligentes o trabalho de concepção é fragmentado em parte, e que "o trabalho vivo é restrito à simples função de zelar pelo bom funcionamento (programação, manutenção...) das instalações fabris". Nós consideramos que tarefas do tipo programação e manutenção não são simples, de mandam uma melhor formação e propiciam uma melhor remuneração. Consideramos ainda que a robótica pode recompor a concepção a nível de empresa e criar serviços de concepção a nível de país.

Obviamente, estes processos não ocorrem de uma maneira simples, mesmo nos países desenvolvidos. Na nossa análise nos limitaremos a tentar estabelecer algumas nuances da robotização e algumas diretrizes para a sua gestão, mormente no que toca os países em desenvolvimento, em particular o Brasil.

De modo geral, as pessoas não estão dispostas a renunciar às facilidades advindas

da tecnologia, e anseiam pela realização de novos progressos tecnológicos. A contrapartida vem dos problemas associados, como as mutações sociais e os deslocamentos da produção em função do preço da mão-de-obra. Quanto às mutações, se a tecnologia desempregou milhares de telegrafistas, é impensável hoje a codificação manual de uma mensagem a ser transmitida. Neste caso, é necessário estabelecer uma política tecnológica adequada, para que a sociedade absorva "naturalmente" estas mutações". Quanto aos deslocamentos da produção, este é um fenômeno que foge a qualquer controle e que tentaremos descrever melhor a seguir.

Nos países desenvolvidos, onde a mão-de-obra é cara, as empresas estão inexoravelmente condenadas a ingressar na robotização mesmo dos processos de montagem, e investem nisto com entusiasmo, na busca crescente de competitividade.

Segundo a Organização Internacional do Trabalho (OIT), com a robotização crescente nos países desenvolvidos, não será mais necessário montar parte de sua produção em países onde a mão-de-obra é barata: Se um operário asiático ou latino-americano pode conectar 120 circuitos integrados/hora, um robô pode conectar 640/hora. Com a generalização deste fenômeno, haverá um retorno progressivo da produção para os países desenvolvidos, provocando um aumento substancial da desigualdade das trocas internacionais e do desemprego no 3º mundo.

Observamos que o retorno da produção, sendo condicionado ao crescimento da robotização, depende ainda da solução dos problemas tecnológicos, relativos ao aumento da adaptabilidade dos robôs, necessária às operações de inserção e montagem.

Observamos ainda que o retorno da produção certamente será seletivo, sendo que, obviamente, a produção "suja", poluidora, ou de alto risco ambiental e humano, não retornará aos países desenvolvidos.

A OIT considera ainda que os países em desenvolvimento não terão outra alternativa senão importar as últimas inovações tecnológicas, que nem todas as tecnologias são apropriadas para os países em desenvolvimento, e que estes deveriam "saber" importar a tecnologia "mais apropriada" às suas necessidades e capacidades.

Nós consideramos que estas conclusões não são aplicáveis sem distinção de país, e que no caso específico do Brasil existem alternativas mais adequadas, a saber:

- Para a produção de bens de consumo interno, é necessário uma política intransigente de desenvolvimento e viabilização de tecnologias nacionais. Um país não deve consumir a última palavra em tecnologia internacional, e sim a que ele pode criar. Observamos ainda que o processo de desenvolvimento de tecnologia gera empregos e competência.

- Para a produção de bens para a exportação, onde é necessário competitividade a ní-

vel internacional, deve-se importar o mínimo de tecnologia para manter esta competitividade.

Quanto à questão de "saber" importar a tecnologia, esta é uma recomendação pertinente. Qualquer política consequente deve ter um programa de gestão, formação e informação, adequado à aquisição desta competência.

Com relação à gestão da tecnologia, o boletim ROSTLAC/Junho-86, de ciência e tecnologia da UNESCO afirma: "cada dia se torna mais evidente que os principais obstáculos para a introdução de tecnologia avançada nos países em desenvolvimento, são as insuficiências na gerência tecnológica tanto governamental, quanto privada".

E a questão da robotização no Brasil? A robótica foi enquadrada no âmbito da política nacional de informática, dentro da reserva de mercado. Contudo não foram a priori determinados critérios para avaliar os possíveis casos de robotização.

Assim, em fevereiro de 1983, o governo, através da Secretaria Especial de Informática (SEI), órgão encarregado de elaborar uma política para o setor, criou uma comissão especial intitulada CEAM - Comissão Especial para Automação da Manufatura. Em maio de 1983, o subgrupo de robótica, desta comissão, apresentou um relatório preliminar definindo, com muita prudência, as diretrizes e recomendações para a área. As conclusões essenciais são as seguintes:

- Não existe necessidade de uma política a curto prazo, mesmo porque não existiria a priori uma necessidade premente de robotização. Sugere que o primeiro passo deva ser a criação de uma comissão com tempo e recursos para levantar as reais necessidades de robotização no país, definir o conjunto mínimo de tipos de robôs que satisfaçam estas necessidades, identificar os grupos de pesquisa nacionais e as indústrias nacionais interessadas, bem como levantar o nível de informação dos interessados sobre a questão.

- É fundamental o estabelecimento de uma política baseada em ações de longo prazo, que priorize o fortalecimento dos grupos de pesquisa existentes e a sua integração com as indústrias nacionais.

- É necessário a criação de mecanismos que impeçam a importação de robôs e a entrada de fabricantes estrangeiros.

- É necessário a criação de mecanismos de acompanhamento da implantação da política em questão e a criação de programas de divulgação de informações técnicas para os potenciais usuários e interessados.

Nós reafirmamos a relevância destas diretrizes para a implantação de uma política adequada de robotização.

Em julho de 1985 a SEI pré-qualificou dezesseis empresas para "desenvolvimento, fabricação, integração e comercialização de sistemas em robótica". Somente quatro destes

projetos envolviam compra de tecnologia externa, com um prazo máximo de cinco anos para total absorção.

Ora, de fevereiro/83 a julho/85 vão mais de dois anos e no entanto as empresas nacionais foram surpreendidas pela iniciativa da SEI. A Villares alega (ISTO é, junho/86): "Os prazos exigidos pela SEI eram muito curtos. Quando solicitamos o nosso credenciamento, mal sabíamos que tipo de robô poderia ter chance de ser vendido. Resolvemos fazer um igual ao da Hitachi".

Isto nos leva à conclusão que as recomendações da comissão, no que toca à informação e à escolha à priori dos robôs, não foram consideradas pela SEI. Notamos que por falta de um planejamento prévio adequado, em menos de um ano, algumas das empresas qualificadas desistiram (Vigorelli, MCS, Taurus, Engesa).

Na nossa opinião, um estudo prévio para a definição dos tipos de robôs necessários teria um melhor efeito sobre a distribuição inicial do mercado entre os pretendentes nacionais: Constituído um grupo de especialistas que definiria as aplicações e as arquiteturas adequadas de robôs, estes seriam especificados em conjuntos mínimos de elementos mecânicos, elementos de acionamento (motores e servo-válvulas), elementos eletrônicos de controle, programas lógicos de comunicação e controle, ferramentas...

Desta maneira o mercado poderia ser repartido entre as empresas interessadas, em função dos elementos já especificados. Haveria necessariamente empresas que, além da fabricação de elementos específicos, cuidariam da "arte final", de integração e colocação dos robôs no mercado.

Esta especificação do robô por elementos possibilitaria uma participação à priori de pequenas empresas nacionais de produção de software, eletrônica e outros componentes. Nós insistimos nesta idéia porque as tecnologias de todos estes componentes já são perfeitamente dominados a nível nacional. Isto já havia sido verificado, pois de acordo com as informações da SEI de maio de 1984, fornecidas a Vieira (1985), somente a integração de sensores externos é que não poderia ser feita na época.

Ora, o sensoramento externo se presta principalmente para as ações de inserção e montagem que certamente não interessam nem a médio prazo ao desenvolvimento da indústria nacional - O preço da mão-de-obra no Brasil, inviabiliza esta opção, exceto para os eventuais produtos da evolução tecnológica cuja montagem imponha restrições de postura ou simultaneidade de ações.

Finalmente e surpreendentemente, vemos a SEI liberar a importação de robôs pela Volkswagen, Ford... . Notamos que não foi a tecnologia que foi importada, mas o robô "caixa preta" (componentes materiais e software), e certamente os contratos de manutenção, peças de reposição... . E as recomendações da comissão de criar mecanismos para evitar este

fato? E quais foram as justificativas que permitiram "furar" a reserva de mercado?

A Volkswagen alega que precisaria dos robôs alemães para dar início à produção, para exportação, de 100.000 automóveis para os EUA e entre os credenciados nacionais não havia quem pudesse atender em curto prazo de tempo.

Esta alegação merece algumas considerações:

- Se as empresas transnacionais têm o interesse natural de homogeneizar os seus produtos a nível internacional, isto é antes de tudo um problema afeto a elas. A robotização porém é problema que afeta um espectro mais amplo de interesses que, como vimos anteriormente, merecem ser levados em consideração.

- Se estão faltando automóveis no mercado interno, porque exportar?

- A robotização em si não é posta em questão, embora não haja necessidade premente de robotização do setor a curto prazo.

- Com esta importação, os robôs estrangeiros se implantaram num mercado que tradicionalmente consome 50% em média, da produção em robótica no mundo. O que é que vai sobrar para os robôs nacionais?

Todos estes aspectos reforçam a conclusão da UNESCO, sobre as insuficiências da gestão tecnológica. Constatamos que, apesar do tempo passado, nos falta uma política de robotização, a médio e longo prazo, que contemple cada problema com interesse, competência e sem favoritismos, e que faça a gestão adequada de suas prioridades, tais como: formação, fortalecimento e integração de grupos de pesquisa com a indústria, formação, readestramento e procura de atividades de substituição para os trabalhadores afetados, o controle efetivo da importação de produtos e tecnologias alienígenas, o acompanhamento e a verificação da absorção destas tecnologias...

Para concluir, consideramos que com o da robótica, além de uma política de gestão, é necessário uma reorganização da produção, atrelada a uma nova visão do indivíduo, reconhecendo e priorizando o seu potencial criativo.

O desenvolvimento do potencial criativo dos homens sempre esteve sujeito às necessidades econômicas imediatas da classe dominante. É necessário que este processo se volte para as necessidades da sociedade como um todo. O problema é complexo, mas uma gestão democrática e transparente do desenvolvimento da robótica e da automação em geral é indispensável, sendo uma responsabilidade da qual nenhum governo pode se furtar.

7. BIBLIOGRAFIA

Amaral, P.F.S.; Campos, G.L.; Pinto, B.G.M., (1983). "Robôs Industriais". 1º Congresso Nacional de Automação Industrial - CONAI, São Paulo.

- André, M.; Sereine, A., Joumard, R., (1982).
 "Automatiser la production: pour une
 stratégie et un plan d'automatisation",
Le Nouvel Automatismes, avril.
- Catier, E., (1979). "Robotique Industrielle".
Automatismes Industriel, novembre.
- Ferretti, M., (1982). "Les robots d'aujourd
 hui et de demain". 01 Informatique, n°
 156, janvier.
- Giralt, G., (1982) "Current trends on robo-
 tics research". 29 World Conference on
 Mathematics at the Service of Man, Las
 Palmas, Espanha.
- Hasegawa, Y. (1979). "New developments in
 the field of industrial robots". 59 In-
 ternational Conference on Production Re-
 search, Amsterdam, august.
- Laurgeau, C., (1981). "L'automation at ses
 incidences socio-économiques". Le Nouvel
 Automatismes, avril.
- Rossol, L., (1983). "Technological barriers
 in robotics". International Symposium of
 Robotics Research, USA, august.
- Sereine, A., (1982). "Réussir en robotique".
Le Nouvel Automatismes, juin.
- Vieira, D.R., (1985). Funções da robótica no
 processo de acumulação - o caso Brasilei
 ro. editora VOZES.
- Warnecke, H.; Schraft, R.; Streier, U. ,
 (1982). "FAO: un outil pour l'implanta-
 tion d'un manipulateur". Le Nouvel Auto
 matismes, février.