

# O Primeiro Projecto de Robótica da EFACEC

DOMENICO M. CASELLA

Eng.º Electrotécnico (I. S. T.)

Dep. de Sistemas de Automação e Robotização Industrial (EFACEC)

## resumo

Descrevem-se as diferentes fases do projecto de robotização da fábrica de motores eléctricos Rabor sita em Ovar, nos seus diferentes aspectos económicos, técnicos e sociais. Dá-se conta das consequências da introdução dos robôs sob o ponto de vista da produtividade e da qualidade. São tecidas considerações sobre a introdução deste tipo de tecnologia e os projectos futuros da Efacec.

## 1. Introdução

É indiscutível que, face ao ambiente económico internacional de crescente competitividade, também a nossa arquitectura industrial começa a sofrer modificações importantes, a todos os níveis. É cada vez maior o interesse despertado pelas novas tecnologias que vão desde a concepção do produto, ao controlo e automação do próprio processo produtivo.

Assim, a robótica, um novo nome dado aos conceitos de automatização e cibernética, encontra a sua viabilidade pelos ganhos de produtividade e de uniformi-

## abstract

*Is made a description of distinct aspects in the robotization project of Rabor electric motors factory placed in Ovar, with its economical, technical and social sights. Is given a report of the consequences on productivity and quality due to the introduction of robots. Some thoughts are made on the introduction of this technology and Efacec future projects.*

dade de qualidade nas acções repetitivas, com a consequente eliminação das tarefas monótonas e perigosas para o operador. Contudo, há a salientar que a robotização não é uma panaceia; insere-se no quadro de uma dinâmica de crescimento, onde a melhoria da qualidade, a inovação dos produtos e as acções comerciais são meios de desenvolvimento não menos necessários e eficazes.

---

(\*) Comunicação apresentada no ENDIEL 85.

## 2. Oportunidade do projecto

A introdução da robótica na Rabor insere-se num projecto mais vasto de **inovação e racionalização** do fabrico de motores eléctricos em alumínio que se iniciou em Março de 1981.

Uma das estratégias adoptadas para atingir os objectivos do projecto foi precisamente a criação de uma estrutura de fabricação rapidamente adaptável a um mercado de forte concorrência. Idealmente, essa estrutura deveria permitir a fabricação de variados produtos, dentro de prazos de entrega razoáveis, compatíveis com as quantidades encomendadas, facilitando as modificações de projecto exigidas pelo mercado. Tratava-se, numa palavra, de equipamentos «flexíveis», tais como: máquinas CNC, robôs, armazenagem automática, autómatos programáveis, gestão informatizada da produção, etc.

## 3. As fases do projecto

A introdução de uma novidade tecnológica é sempre um acontecimento que quebra a monotonia e atrai as atenções. No caso da robótica, a publicidade feita ao redor desta ideia pelo carácter intrinsecamente sugestivo do termo «robô», faz com que a primeira instalação se torne o centro das atenções de toda a empresa. Acaba por ser um acontecimento comentado por todos sob os seus aspectos. *É essencial por isso que a primeira experiência seja um êxito.*

### 3.1. Critérios de escolha das aplicações

Em nosso entender o êxito de uma primeira experiência de robotização depende essencialmente dos critérios de escolha das aplicações. Neste caso, escolheram-se algumas aplicações já experimentadas por outros utilizadores, verificando sobretudo as diferenças de processo e de produto. Embora abertos aos conselhos dos fornecedores de robôs e das novas máquinas a instalar, nunca aceitamos a ideia de adquirir a instalação completa «chaves na mão». Decidimos fazer a instalação com os nossos meios defendendo a ideia de que é o utilizador o único que conhece perfeitamente o processo e os seus detalhes, estando assim garantida a *aplicabilidade do projecto*.

Foi criada uma equipa de desenvolvimento que acompanhou o projecto de robotização nos seus detalhes, mas estabeleceram-se sobretudo várias «Tasks Forces», ou equipas responsáveis pelos diferentes níveis e fases do projecto, com capacidade de decisão, afim de desbloquear todas as situações contrárias ao

curso dos trabalhos. Esta acção *assegurou a participação* não somente da direcção e das diferentes equipas envolvidas no projecto mais vasto de inovação dos produtos, mas também dos agentes de métodos e dos próprios chefes de equipa.

É sempre difícil avaliar os custos reais de uma primeira instalação pelo elevado número de situações imponderáveis, típicas de um protótipo, mas é evidente que a escolha de aplicações já experimentadas permite estimar um custo total da aplicação. Neste caso estávamos em presença de uma série de postos semelhantes em paralelo, identicamente robotizáveis, o que permitiu amortizar os custos de projecto (fig. 1). Por outro lado, a capacidade de produção suplementar não estava limitada pelos locais de trabalho a montante e jusante dos postos robotizados. De facto, foram estrategicamente implantadas algumas unidades de armazenagem automática dos em-curso de fabrico, permitindo uma fabricação em séries económicas semanais. Havia assim uma *garantia de rentabilidade*.

### 3.2. Identificação dos possíveis locais de aplicação

A decisão acerca dos possíveis postos a robotizar passou por um recenseamento das aplicações já conhecidas, tais como:

- locais clássicos dos robôs e manipuladores (carga e descarga de máquinas, soldadura, pintura, etc.);
- trabalhos monótonos ou perigosos tendo já sido objecto de reclamação por parte do pessoal;
- estrangulamentos da produção;
- postos com elevada taxa de peças defeituosas;
- postos cuja velocidade de execução poderia ser aumentada por um acréscimo de potência dos equipamentos.

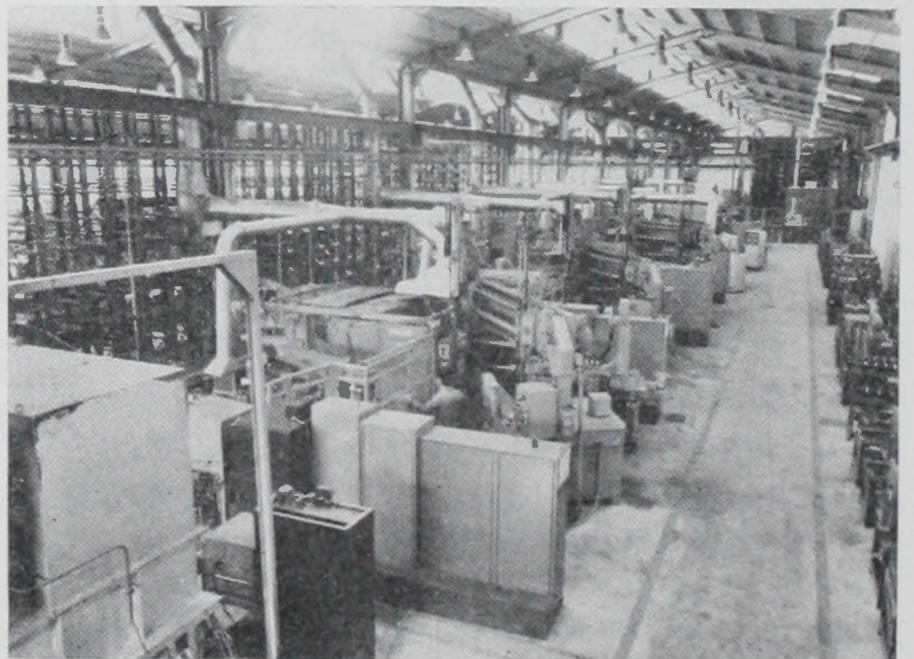


Fig. 1 — Linha de máquinas de injeção totalmente robotizadas

Numa primeira fase escolheu-se a linha de máquinas de injeção das peças em alumínio ou liga de alumínio (estatores, rotores e tampas). Escolheu-se também um manipulador sequencial para uma linha de rectificação e torneamento para as operações de acabamento do rotor. Tendo em conta a geometria relativamente simples da peça (o motor) foi rejeitada a ideia de uma pintura robotizada e optou-se por uma cadeia de pintura automática com movimento de rotação da peça e pistolas de pintura fixas.

Numa segunda fase estabeleceram-se contactos com vários fabricantes de robôs e manipuladores para fazer em conjunto um estudo mais profundo do projecto e seleccionar os equipamentos. Na figura 2 apresenta-se o «layout» de um dos postos robotizados da linha de máquinas de injeção.

### 3.3. Escolha do robô

O estudo feito com cada fornecedor passou por uma análise de várias questões de carácter técnico, tais como:

- O robô é capaz de manipular os pesos em presença, dentro das limitações de espaço impostas pelo projecto?
- O método tem que ser ensaiado?
- O robô é capaz de executar o ciclo com a cadência imposta?
- As exigências de posicionamento (precisão de repetitividade) são aceitáveis?

- A automatização completa do ciclo é possível?
- A necessidade de supervisão é suficientemente reduzida para permitir uma produção sem operador?
- Quais são as modificações a executar e os novos equipamentos a adquirir para a automatização total do posto?
- Qual a complexidade dos periféricos de entrada (stock tampão) e de saída do posto?
- Qual a influência das variantes dos produtos na programação, nos tempos de paragem para mudança de gama, nas pinças e nos periféricos?
- Qual a fiabilidade da instalação?

Foi então tomada a decisão de adquirir os robôs. No caso do posto representado na figura 2, foi escolhido um robô com uma capacidade de 60 kg, com 5 eixos, capaz de executar o ciclo em 60 segundos, com uma precisão de repetitividade de 0,4 mm e accionamento eléctrico (fig. 3).

## 4. Consequências dos robôs na produtividade e na qualidade

### 4.1. Ganhos na Produtividade

A produção das antigas instalações de fundição injectada é em geral anti-económica. Para que uma fundição permaneça competitiva é necessário otimizar continuamente as técnicas de fabricação e pesquisar as possibilidades de nacionalização dos produtos e dos

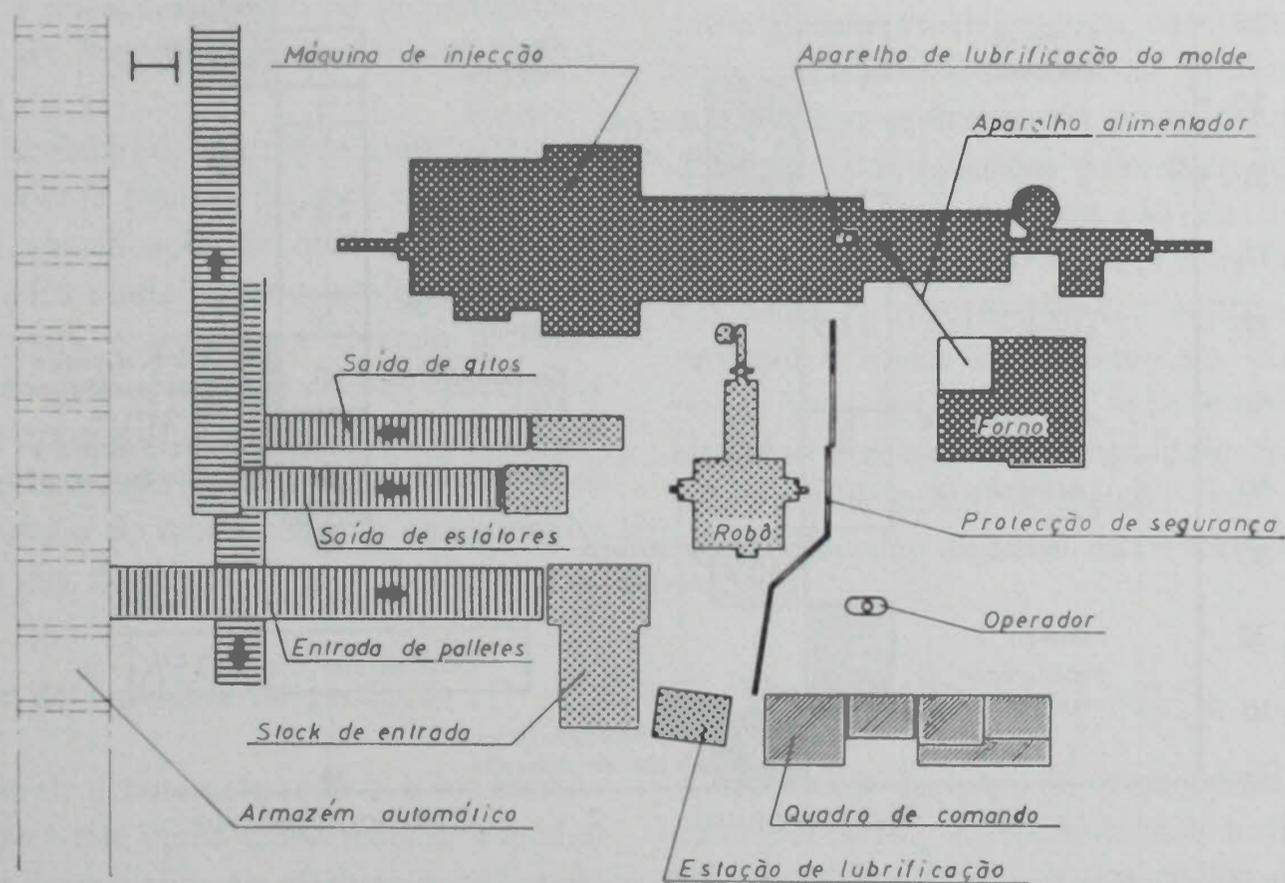


Fig. 2 — Posto robotizado para injeção de carcaças de motores eléctricos

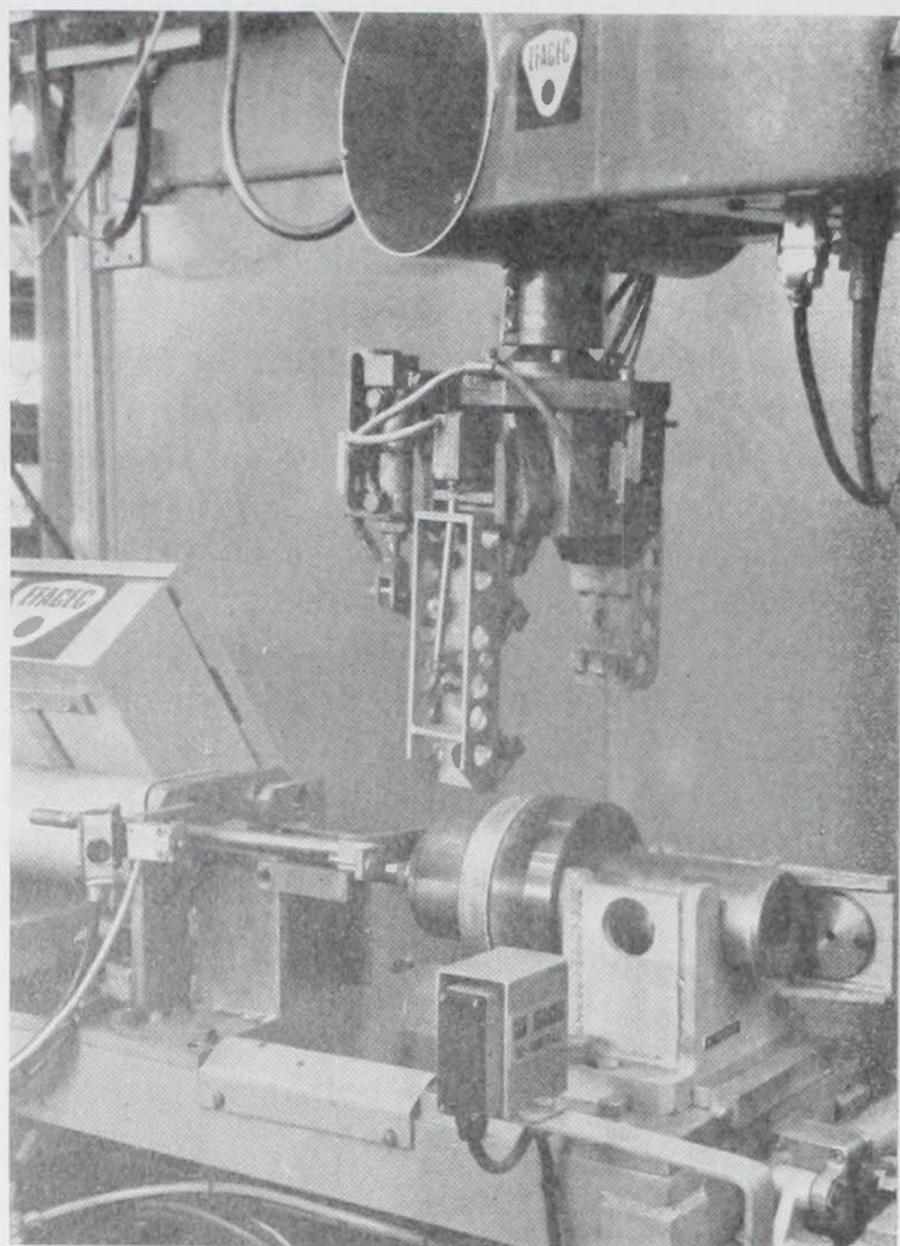


Fig. 3 — O robô é capaz de manipular cargas até 60 kg (incluindo a garra) mantendo uma precisão de posicionamento de 0,4 mm

tempos de fundição. A robotização do processo de injeção com a introdução do robô e de alguns periféricos auxiliares da máquina tais como um alimentador automático de alumínio e um lubrificador automático do molde podem permitir um ganho de produtividade de 10 a 50% à custa de um aproveitamento do tempo de ciclo da máquina. Neste caso, as operações efectuadas sequencialmente pelo operador são executadas em paralelo pelos diversos automatismos.

Na figura 4 apresenta-se um gráfico comparativo de aproveitamento dos tempos principais para executar algumas operações em paralelo nos tempos secundários.

#### 4.2. A qualidade dos produtos

Frequentemente, a introdução de um robô conduz à *modificação dos meios de produção*. O estudo detalhado das questões postas pelo funcionamento sem operador, pode por vezes conduzir a uma simplificação das soluções até então adoptadas. Chega-se até a introduzir *alterações na concepção e estética dos produtos*. A inovação da gama de motores, paralelamente ao projecto de robotização, permitiu a introdução das modificações necessárias à concepção do produto e aos meios de produção. Foi o caso dos postos robotizados da linha de máquinas de injeção. Um estudo detalhado com os fabricantes das máquinas conduziu à escolha do método mais simples e rentável. Contudo

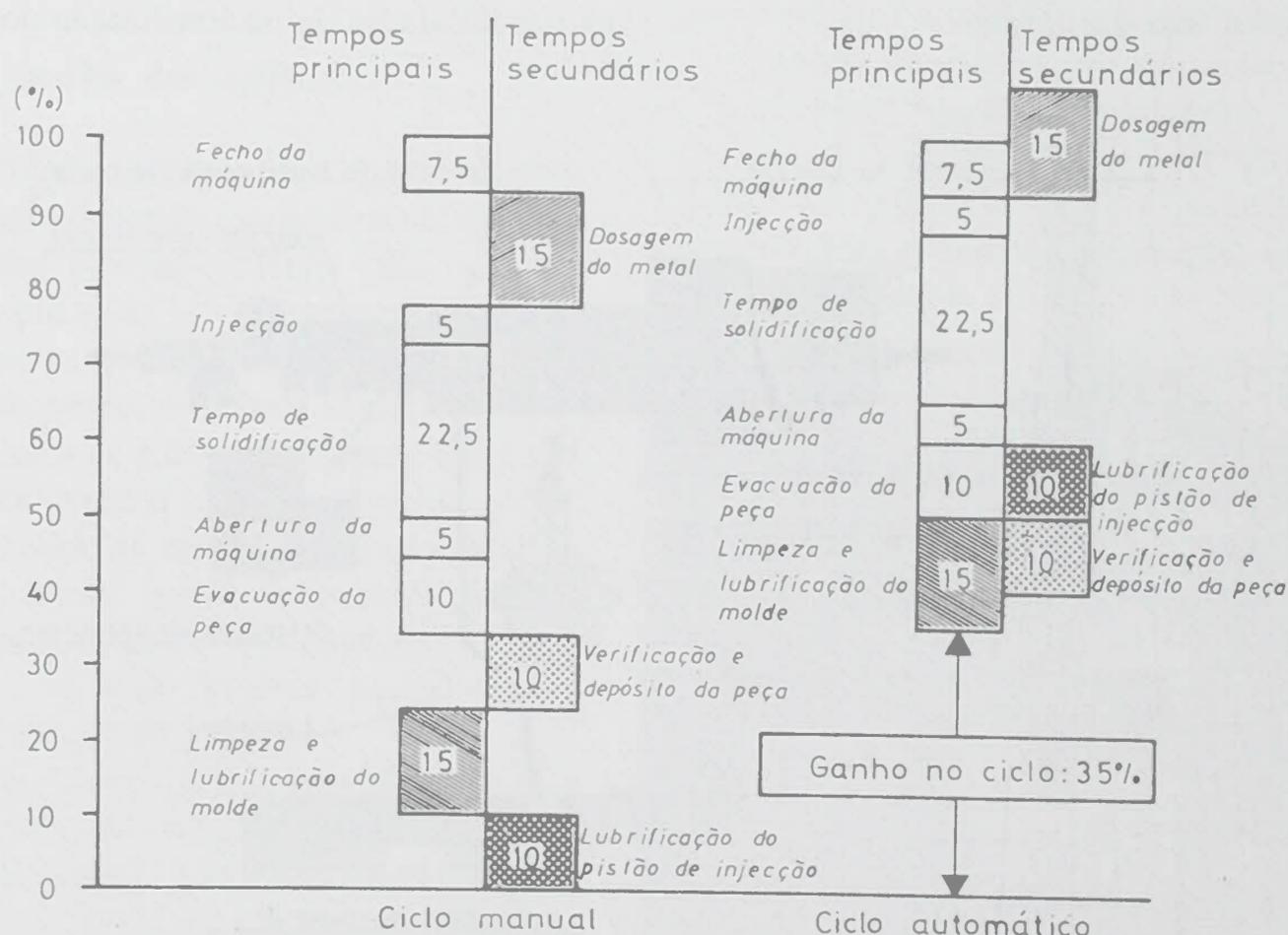


Fig. 4 — Gráfico comparativo dos ciclos manual e automático para uma máquina de injeção de 400 toneladas

já na fase mais avançada dos ensaios, tiveram que ser introduzidas algumas alterações nos moldes para evitar a eventualidade de falsas manobras. Isto teve como implicação uma alteração na estética das peças.

A polivalência do sistema robotizado determina uma análise detalhada das possíveis variantes dos produtos e das respectivas necessidades do mercado. Com efeito a maior vantagem da robotização é a polivalência do robô, a sua flexibilidade. Para que esta vantagem se possa traduzir num interesse económico é necessário utilizá-la para melhorar a qualidade, apresentando uma maior variedade de produtos, uma maior possibilidade de escolha aos clientes e, em particular, à exportação. Há contudo que ter em conta a possibilidade técnica de realizar este objectivo. Um estudo detalhado conduziu-nos a uma solução simplificada do problema, com uma redução significativa do tempo de mudança de gama.

Dum modo geral a introdução do robô traduz-se por uma uniformidade de qualidade por causa de uma menor dispersão dos parâmetros do processo. De facto, não se pode exigir do operador uma atenção constante ao longo do seu período de trabalho. A eliminação da intervenção do homem é um factor importante de estabilização do processo e portanto da qualidade do produto.

Nos postos robotizados verificou-se que, após uma estabilização do ciclo do robô, havia uma estabilização térmica do processo (temperatura do molde e do alumínio no momento da injeção, tempo constante de abertura do molde para carga e descarga da peça, etc.). Isto permitiu a obtenção de peças com boa qualidade de injeção e uma significativa redução de peças defeituosas. Conforme a peça, o aumento de produtividade, por uma redução de peças defeituosas, pode ser estimada entre 3 a 15% [1].

Pode-se dizer também, de um modo muito simplista e no sentido puramente técnico do termo, que o robô exerce uma certa «verificação de qualidade», porque os sistemas instalados ainda «pouco inteligentes», sem capacidades sensoriais, exigem uma elevada precisão. Em particular, à chegada dos componentes (pacotes de chapa magnética pré-constituídos), o robô detecta as imperfeições de preparação dos pacotes. A qualidade final será então função do modo como os componentes foram preparados (fig. 5).

#### 4.3. A qualidade do ambiente de produção

Dum modo geral, a automatização e a introdução de novas tecnologias têm como consequência a melhoria das condições de trabalho na oficina. A utilização de robôs elimina as tarefas menos nobres para deixar

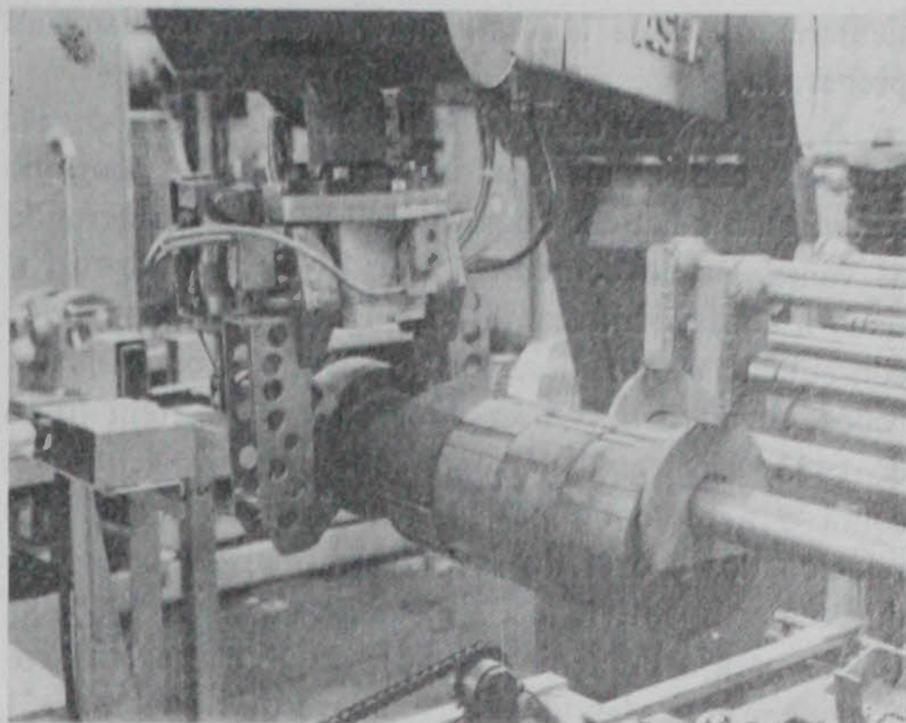


Fig. 5 — A chegada dos componentes o robô detecta as imperfeições de preparação dos pacotes

ao homem as funções de controlo, supervisão e regulação, mas a sua flexibilidade apresenta um certo grau de risco para o pessoal e para os equipamentos.

Os riscos de uma instalação robotizada são muito difíceis de avaliar porque não existe ainda uma norma de segurança universalmente aceite. Até ao presente, relativamente poucas estatísticas foram apresentadas sobre este assunto e contudo pelo menos cinco acidentes mortais foram já assinalados: quatro operários no Japão e um nos Estados Unidos onde o fabricante de robôs teve de pagar 150 000 dólares de indemnização [2]. A segurança do posto robotizado pode ser obtida por uma combinação de várias técnicas, tais como: barreira física de protecção ao redor do posto, interruptores de emergência nas portas de acesso, sistemas de alarme e detecção de presença de obstáculos, etc. Todo o ambiente do posto determina um estudo detalhado das situações potenciais de risco.

Os custos de robotização de um posto manual podem variar de 2 a 5 vezes o custo do robô, tendo em conta a importância dos periféricos, encargos de projecto e «mise en service» da instalação [3]. No nosso caso, por causa do tipo de aplicação, os custos elevados dos estudos e instalação foram amortizados pelos vários postos a instalar com um investimento pouco elevado, digamos duas vezes o custo do robô.

## 5. Conclusão

A incorrecta imagem do robô criada pela ficção não contribui para a implantação deste novo tipo de máquina. O medo da perda maciça de lugares de trabalho pela introdução dos robôs criou obstáculos, par-

---

ticularmente onde a robotização não foi previamente preparada.

A introdução dos robôs na indústria tem de ser encarada com os mesmos critérios objectivos com que se enfrenta qualquer outro investimento, considerando as vantagens na conservação do nível de competitividade e conseqüentemente dos lugares de trabalho. As conseqüências no desemprego pela introdução dos robôs, segundo o «Observador da OCDE» (em Julho de 1983) são frequentemente subestimadas. Tendo em conta o número de postos de trabalho directamente relacionados e o efeito favorável do aumento de produção e competitividade, a incidência global seria baixa (0,2% para a França até 1985), o que não exclui evidentemente perdas locais de lugares de trabalho.

«Não introduzir e não difundir as novas técnicas na indústria», afirma aquela publicação, «poderia ter efeitos muito maiores no desemprego por causa da perda de competitividade do que a redução de mão de obra resultante duma larga difusão dos equipamentos de produção automatizada». Por outro lado, tecnicamente, no máximo 10 a 15% dos trabalhos podem ser robotizados.

A introdução dos robôs leva à criação de novos postos de trabalho mais qualificados (programação, preparação de trabalho, manutenção).

Os desenvolvimentos futuros da robótica, ainda difíceis de prever, com a introdução cada vez mais significativa das técnicas informáticas como a concepção assistida por computador (CAD) e a fabricação assistida por computador (CAM), até à inteligência artificial com as novas técnicas sensoriais, tem desde já o caminho aberto para a sua aplicação na EFACEC. Com efeito desde alguns anos a esta parte existe um plano geral de informatização da empresa segundo um projecto de gestão integrada por computador do qual algumas etapas foram já concluídas ou estão em fase de instalação. Ao nível da fabricação, a linha de postos robotizados para fundição injectada foi o primeiro de uma série de projectos de automatização dos vários sectores da empresa.

#### REFERÊNCIAS

- [1] P. Koch, *Moyens simples d'augmenter la productivité*, Buhler Frères S. A., Uzwil, Suisse, 1977.
- [2] W. W. Stowe, *Robots, Safe or Hazardous?*, Professional Safety, American Society of Safety Engineers, 1983.
- [3] S. Carlsson, *Why Automate?*, ASEA's Project Engineering Course, Västerås, Sweden, 1982.

---

# Licenciatura em Engenharia Automática

**Apoie. Dê Sugestões. Participe.**

**Responda ao nosso EDITORIAL**

**Grupo de Engenharia Sistemica (U.N.L.), 2825 Monte da Caparica**