

ESTUDOS SETORIAIS

AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL 2523

" Automação industrial ; um
Reporte à competitividade "

Dr. Eduardo Klingelhofer

BNDES. DEEST

AGO/1990



Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

AUTOMACAO INDUSTRIAL - UM SUPORTE A COMPETITIVIDADE (APOIO PNUD/CN)
ES - AUTOMACAO INDUSTRIAL/2523/EX.1



062173014



AP/COPEL

AUTOMACÃO INDUSTRIAL: Um Suporte à Competitividade

Autor: Eduardo Klingelhofer de Sá

Assistência Administrativa: Rosina Rizzo

Assistência Bibliográfica: M^{te} Christina Knust Grassini

Área de Planejamento
Departamento de Estudos-DEEST
Agosto de 1989

Apoio: Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento-PNUD
Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e
Tecnológico-CNPq

Este trabalho foi elaborado no âmbito de um estudo sobre o Complexo Eletrônico, desenvolvido no Departamento de Estudos do BNDES.

"É permitida a reprodução parcial ou total deste trabalho desde que citada a fonte."

APRESENTAÇÃO

Este trabalho de Automação Industrial faz parte de um estudo que vem sendo elaborado pelo Departamento de Estudos do BNDES, sobre as Indústrias que fazem parte do que se convencionou denominar de Complexo Eletrônico.

Como subsídios deste trabalho foram realizadas visitas à empresas e universidades no Brasil e no exterior (EUA-Japão-Europa). O Departamento de Estudos aproveita para agradecer ao CNPq e à UNIDO (através do PNUD), que deram o suporte financeiro, e ao Itamaraty, que auxiliou no contato com as empresas, para a realização da viagem ao exterior.

O autor agradece também à colaboração nas discussões internas com o corpo técnico do Banco, para o enriquecimento e as conclusões do trabalho.

SUMÁRIO

00 - Introdução.	
01 - Principais segmentos que compõem o setor.....	01
02 - Relação do setor com o Complexo Eletrônico.....	02
03 - Flexibilidade, um novo parâmetro de competitividade.....	03
04 - O advento da nova base técnica.....	04
05 - Os novos princípios de organização da produção.....	04
06 - Flexibilidade e escala de produção.....	05
07 - Alterações na estrutura industrial.....	06
08 - O processo de decisão no investimento.....	08
09 - As necessidades de uma padronização.....	09
10 - Países com maiores investimentos na Automação Industrial.....	10
11 - Indústrias onde o movimento de Automação tem sido mais intenso.....	13
12 - Características da indústria ofertante de equipamentos de Automação Industrial.....	18
13 - Apoio institucional/governamental nos países.....	34
14 - Automação Industrial no Brasil.....	40
15 - Apoio institucional/governo no Brasil.....	57
16 - Conclusões.....	60
17 - Empresas e Instituições Visitadas.....	62
Referências Bibliográficas.....	64

INTRODUÇÃO

O acirramento da competitividade entre as grandes economias no comércio internacional vem levando a um esforço contínuo de modernização dos parques industriais, buscando-se incrementos de produtividade, qualidade e de um novo parâmetro, cada vez mais relevante, a flexibilidade.

O presente estudo, procura dar uma visão comparativa do que vem ocorrendo no cenário internacional e no Brasil, em termos de modificações estruturais e organizacionais na indústria. Dentro deste contexto, a tecnologia microeletrônica e de informação tem um papel relevante. O termo Automação Industrial aqui empregado, refere-se à forma como estas novas tecnologias vêm se difundindo na indústria. Hoje denomina-se também de Automação Industrial como um setor, na medida em que existe uma indústria ofertante de equipamentos que utilizam a tecnologia microeletrônica para aplicações industriais.

Finalmente, apresenta-se o Programa de Reorganização e Automação Industrial do BNDES, confirmando a preocupação desta Instituição.

1 - PRINCIPAIS SEGMENTOS QUE COMPÕEM O SETOR.

MFCN - Máquinas-Ferramenta com Comando Numérico.

Estes equipamentos, cuja maioria representa aqueles destinados ao corte/conformação de metais, são o primeiro passo de automação nas manufaturas de processos discretos. Neste sentido, os tornos, mandriladoras, fresadoras ou furadeiras convencionais, vão sendo substituídos por tornos ou centros de usinagem CN.

CNC - Comando Numérico Computadorizado

Consiste no "Computador" utilizado nas máquinas-ferramenta. Sua função é armazenar instruções e controlar as operações da máquina através de comando codificados numericamente.

Robôs Industriais

Utilizaremos a classificação da International Organization for Standardization que os define como manipuladores multifuncionais reprogramáveis, diferentemente portanto da classificação japonesa que inclui os "pick and place", manipuladores simples não reprogramáveis.

CAD - Projeto Assistido por Computador

São computadores com recursos gráficos, capazes de gerar desenhos, animados ou não, úteis para a execução das diversas fases do ciclo de um projeto, abrangendo: concepção, análise, dimensionamento e representação.

CAM - Manufatura Assistida por Computador

Refere-se ao uso da tecnologia de computação no gerenciamento, controle e operação da manufatura através de interfaces com o computador.

O CAD/CAM tem uma grande abrangência podendo controlar parte ou todo o processo de manufatura.

DNC - Comando Numérico Direto

É um sistema no qual um conjunto de várias MFCN são controladas por um computador.

FMS - Sistemas Flexíveis da Manufatura

Não existe ainda uma definição rígida quanto aos FMS. Seu conceito é amplo pois qualquer linha de produção discreta composta por equipamentos com comando numérico computadorizado que funcionem de forma integrada incluindo aí testes e o transporte automático de produto e materiais, pode ser classificado como um FMS.

Entretanto, os FMS mais comuns tem sido aqueles destinados às linhas de usinagem onde os centros de usinagem tem o papel central. Funcionam comandados por um CNC central (DNC) que por sua vez controla também os robôs, veículos de transporte ou guindastes para a movimentação de material (ferramentas, produto acabado e matéria-prima).

Sistemas menos complexos e menores são denominados Células de Manufatura.

CIM - Manufatura Integrada por Computador

Refere-se a uma automação completa da manufatura. Todos os processos são integrados e controlados por sistemas computacionais configurando uma vasta rede de comunicação.

CPs - Controladores de Processo

São dispositivos que podem ser programados para executar instruções de controle de máquinas e operações de processo. Possuem uma CPU, memória e módulos de Entrada-Saída com interfaces variadas conforme a aplicação a que se destinam. São também denominados Controladores Lógico Programáveis (CLP).

Controladores de configuração de hardware mais simples são os Single-loop e Multi-loop, utilizados no trato com variáveis analógicas.

SDCs - Sistemas Digitais de Controle Distribuído

São sistemas mais complexos, onde as informações e controles do processo são desenvolvidos por controles dedicados e distribuídos pela planta. Estes controles fazem parte de uma rede e recebem instruções de um computador dedicado com características semelhantes a uma estação de trabalho 32 Bits.

2 - RELAÇÃO DO SETOR COM O COMPLEXO ELETRÔNICO.

Com os avanços da Microeletrônica e Informática, que conseguiram concentrar toda a lógica do processamento em massa de dados nos poderosos microprocessadores, pode-se difundir enormemente o uso de equipamentos, controlados por estes dispositivos, voltados para a manufatura. A Automação Industrial torna-se então viável pois não precisa incorrer

necessariamente na implantação de grandes sistemas para controlar a produção. Os controles podem ser descentralizados e a natureza modular da tecnologia microeletrônica permite automatizar gradualmente uma planta. (48)

É também através destes equipamentos de Automação Industrial, que se difunde tal base técnica, permitindo extrapolar sua aplicação para muito além das fronteiras do que se delimitou ser o Complexo Eletrônico. Este, por sua vez, constitui-se num dos maiores, se não o maior usuário destes equipamentos. Sem dúvida, seu grau de utilização pelas indústrias deste complexo, particularmente da microeletrônica é dos mais elevados. Tal fato se explica não apenas pela sinergia tecnológica mas também por necessitar de elevada qualidade, confiabilidade e flexibilidade (no caso da indústria fabricante de Bens Finais) na produção ou concepção (CAD) dos produtos. Além disso, essa indústria já nasceu automatizada.

A análise dos tópicos seguintes são baseadas no forte impacto que a Automação tem sob as indústrias de processos discretos principalmente as que trabalham com lotes médios ou pequenos. Para as indústrias consideradas de processos contínuos (química e petroquímica, siderurgia, farmacêutica, papel e celulose, bebidas, etc), a Automação Industrial não trouxe grandes modificações a nível organizacional pois o processo de produção já é integrado e envolve de maneira geral pouca interferência de mão-de-obra.

Contudo, os incrementos em termos de eficiência global do processo e melhora na qualidade do produto têm sido suficientes para a realização de pesados investimentos de Automação neste tipo de indústria, representando um relevante mercado. O fator flexibilidade, é mais significativo para as indústrias de processos discretos com lotes médios ou pequenos. Não obstante, esta diferenciação indústria de processos discretos e contínuos, vai se reduzindo uma vez que a integração pela Automação gera um fluxo contínuo de produção, perdendo o significado do termo processos discretos.

3 - FLEXIBILIDADE, UM NOVO PARÂMETRO DE COMPETITIVIDADE.

Na medida em que dentro do processo natural de concorrência capitalista, as empresas vem buscando cada vez mais diferenciar sua linha de oferta, seja ampliando a família de produtos ou seja introduzindo inovações incrementais, as necessidades de se ter um sistema de produção flexível se tornam cada vez maiores.

Por sua vez, o mercado consumidor das grandes economias torna-se cada vez mais exigente, demandando por produtos com boa qualidade e que satisfaçam suas necessidades específicas.

Conseqüentemente, as linhas rígidas de produção vem sendo substituídas pelas linhas flexíveis. O período de projeto do produto (economia de escopo) necessitou acelerar-se dada a dinâmica do mercado e o encurtamento do ciclo de vida dos

produtos. Em outras palavras, a Automação da Manufatura, desde a concepção do produto até sua produção e comercialização tornou-se um forte determinante de competitividade das empresas.

4 - O ADVENTO DA NOVA BASE TÉCNICA.

Foi a tecnologia microeletrônica que permitiu o avanço das empresas nesta busca pela flexibilidade. A substituição da antiga base técnica, a eletromecânica, por esta nova tecnologia deu um salto qualitativo na produção industrial⁽⁴⁸⁾ e levou à redefinição na estrutura de oferta em alguns setores (ex. Automobilístico). Neste sentido a indústria das economias menos desenvolvidas, intensiva em mão-de-obra, vai paulatinamente perdendo esta vantagem comparativa de custo o que implica em modificação nos padrões vigentes da divisão internacional do trabalho.

5 - OS NOVOS PRINCÍPIOS DE ORGANIZAÇÃO DA PRODUÇÃO.

As necessidades crescente de flexibilizar a produção e portanto, de utilizar equipamentos/sistemas inteligentes geram também um novo desafio, que é de reorganizar o planejamento e controle da produção e o ambiente de trabalho. Maximizar os ganhos com a automação significa produzir o que é necessário, na quantidade e momento necessários. O JIT (just-in-time), uma filosofia de organização industrial desenvolvida pelos japoneses, vem se difundindo mundialmente pela sua eficácia neste gerenciamento. Suas principais características são:

5.1) uma flexibilidade na produção de modo a atender rapidamente às variações no mix de produtos;

5.2) redução dos estoques, obrigando a um relacionamento estreito com os fornecedores para os ajustes rápidos a variações na demanda;

5.3) redução contínua do tempo de preparação da máquina na mudança de um produto para outro;

5.4) redução dos tempos de movimentação e espera, empregando lay-out por produto ao invés de lay-out funcional;

5.5) participação efetiva dos trabalhadores no processo produtivo atribuindo a eles responsabilidade direta no controle da produção, na qualidade do produto em elaboração (origem dos círculos de controle de qualidade) e na manutenção preventiva;

5.6) em decorrência do item anterior, busca-se um trabalho de grupo com uma mão-de-obra polivalente, permitindo uma visão mais ampla do processo produtivo. As operações são padronizadas e o lay-out em forma de U é considerado como o melhor, pois facilita a operação de mais de uma máquina pelo mesmo operador;

5.7) deve haver uma administração descentralizada e buscando uma estrutura hierárquica ágil que permita um trabalho de forma mais criativa e com autogestão;

5.8) uma das principais características do JIT é o KANBAN, que é um sistema de informações que controla as quantidades de produção em cada processo.

O just-in-time rompe portanto, com o princípio taylorista de organização industrial e vem se consolidando como a forma adequada e mais ainda, necessária para o novo ambiente da manufatura. Sem dúvida, a eficácia de um investimento na automação da indústria está fortemente condicionada a esta mudança de mentalidade. Vale acrescentar que a recíproca não é verdadeira, melhor dizendo, o just-in-time por si mesmo é eficaz (Si), embora a automação da manufatura potencialize seus efeitos.

Resultante também da necessidade de maximizar o PCP, para atender aos padrões de performance e custo exigidos neste novo ambiente, foi desenvolvido nos EUA o MRP (Manufacturing Resources Planning), um software para controlar toda a produção da manufatura, desde encomenda até entrega do produto, visando minimizar estoques, tempo de produção, etc. Tal sistema vem se difundindo por várias indústrias sem necessariamente responder às expectativas de todos usuários. Isto se explica porque não é o suficiente para incrementar a produtividade sendo apenas um item das várias exigências do just-in-time.

6 - FLEXIBILIDADE E ESCALA DE PRODUÇÃO.

Naturalmente, que a necessidade de flexibilidade do processo produtivo não ocorre com a mesma intensidade e período para todos os setores.

Ela é proporcional ao grau de dinamismo tecnológico existente no setor. Vale acrescentar, que é função também das características do mercado consumidor e de onde se localiza, identificando seu padrão de consumo. Uma indústria de bens de consumo eletrônicos que atenda ao exigente mercado dos EUA, vai necessitar por exemplo, ter uma produção bem mais flexível do que se atendesse ao mercado da América Latina.

Embora a internacionalização dos mercados nas economias desenvolvidas venha levando a igualizar os padrões de demanda, nas economias de mercado mais protegido e conseqüentemente com padrão de consumo inferior, existe um trade-off entre flexibilidade e produção homogênea, em maior escala.

7 - ALTERAÇÕES NA ESTRUTURA INDUSTRIAL.

As grandes empresas são as líderes no processo de Automação Industrial. Na medida em que estas vão mais e mais diversificando seus produtos para dar respostas rápidas ao mercado, a necessidade de flexibilizar suas linhas traz como decorrência estabelecerem prioridades do que produzir. Em outras palavras, passam a externalizar a fabricação daqueles produtos passíveis de produção em massa e de baixo conteúdo tecnológico. A grande empresa vem paulatinamente se tornando uma integradora que monta as partes fabricadas por uma elevada gama de fornecedores, por ela mesma desenvolvidos. É a denominada empresa Sol (*) com seus fornecedores específicos (planetas). A primeira canaliza esforços então para a concepção e montagem do produto final. Neste sentido, as economias de escopo são fundamentais e nela se concentram esforços de P&D. O desenvolvimento de uma família de produtos permite economia no projeto e na produção. A utilização do CAD (Computer Aided Design) reduz o tempo para a concepção do produto e sua fabricação. O CAD vem se tornando portanto, essencial dentro deste novo quadro.

Este movimento tem ocorrido tipicamente na indústria de informática na qual podemos extrapolar até exemplos em que a empresa principal seria detentora apenas do projeto, teste e distribuição (posse da marca) dos produtos havendo paralelamente um grupo de empresas a ela associadas como fornecedoras. O mesmo pode ser citado, embora em menor grau, para a indústria metal-mecânica tendo sido a da Itália citada como um exemplo de incorporação deste modelo.(6)

Vale mencionar que o avanço do princípio de flexibilidade na Automação Industrial juntamente com a filosofia do just-in-time, cria uma reação em cadeia das empresas integradoras até seus fornecedores. O que significa também dizer que estes últimos não ficam livres do processo devendo também apresentar alguma flexibilidade, no mínimo em quantidade, reorganizar o PCP (Planejamento e Controle da Produção), para reduzir no mínimo os riscos de acúmulo de estoques, a ela repassados pela empresa integradora; buscar através de P&D uma crescente qualidade nos seus produtos e interagir mais com a empresa integradora necessitando para isto de um suporte informático.

Neste sentido há uma delegação de funções, obrigando o fornecedor a desenvolver tecnologia de produto e não apenas a fabricar segundo projeto determinado pela empresa "Sol". É o que bem classificou-se como "Desintegração Integrada". (Adriano Proença/Heitor Mansur - IEI-COPPE).

(*) Terminologia utilizada por PIORE, M.J. e SABEL. "The Second Industrial Divide".

Outro fato importante é que nesta nova estrutura industrial, marcada pela presença da empresa integradora e seus fornecedores, pequenas empresas podem ter este papel central. Isto acontece, desde que sejam detentoras de uma capacitação tecnológica, suficiente para introduzir inovações. Fica neste caso evidente a potencialidade de se acumular capital a partir somente da utilização da tecnologia como produto. Naturalmente, que é nos setores intensivos de tecnologia como os do Complexo Eletrônico onde se encontram tais exemplos. De qualquer forma, na medida em que crescem, pela necessidade de alocar recursos sucessivos em P&D, se vêem obrigadas a associar com grandes empresas.

Este movimento favorece conseqüentemente apenas os grandes fornecedores que, capitalizados, conseguem atender às exigências de modernização, fazendo desaparecer mais rapidamente os pequenos fornecedores, principalmente aqueles que não investiram em alguma capacitação tecnológica. A título de exemplo, a indústria automotiva européia sofreu uma brusca mudança na sua estrutura. Desde 1975, um número elevado de fornecedores de autopeças (pequenas forjarias e fundições), principalmente italianos e franceses, tiveram de fechar suas portas diante à concorrência desigual com os grandes fornecedores europeus que foram racionalizando e automatizando suas plantas inclusive para fazer frente à ameaça japonesa.

Também como decorrência, esforços institucionais tem sido feito nas grandes economias no sentido de apoiar a modernização da pequena e média empresa para fazer frente a estes novos padrões de competição.

Cabe ressaltar ainda, que a tendência mencionada acima no tocante à descentralização vertical e horizontal não deve ser generalizada para todos segmentos industriais ou para qualquer ambiente econômico em que se opere. Mesmo dentro de uma indústria, num mesmo espaço econômico, em que se observa tal tendência, coexistem casos de avanços na automação industrial permanecendo entretanto, uma estrutura vertical. Existem naturalmente outros fatores que podem não levar a tal descentralização. Dentre eles é o fato da empresa achar mais seguro controlar diretamente a produção de seus componentes e manter a propriedade e gestão das informações. Outras empresas atuam de forma híbrida neste sentido sem tornar transparente qual sua estratégia. A IBM no segmento de informática, a Philips com Bens de Consumo ou as grandes empresas do setor automobilístico podem ser exemplos.

Vale dizer entretanto, que a questão da descentralização administrativa e a adoção do just-in-time vêm, como já mencionado, se difundindo por todos segmentos industriais.

8 - O PROCESSO DE DECISÃO NO INVESTIMENTO.

O investimento em automação quando realizado sem um cuidadoso planejamento pode trazer os efeitos contrários ao que se pretendia ou seja, cair a produtividade, aumentar os custos fixos e operacionais, dificultar o fluxo de informações gerando relatórios excessivos, ou muito pior, em tratando-se de manufatura, pode intensificar os conflitos existentes entre a área de projeto e engenharia com a de produção.

Um bom planejamento para automação numa planta tem de envolver todas as hierarquias existentes no processo produtivo. A IBM, por exemplo, reconhece ser fundamental neste processo modificar internamente a imagem pejorativa que existe dos projetistas e pesquisadores no tocante à área da manufatura. Formou-se então uma equipe constituída dos melhores elementos de ambas as áreas, num total de 220, para desenvolverem conjuntamente soluções para automação. Como metodologia leva-se aos projetistas os problemas existentes na manufatura e concomitantemente leva-se aos técnicos da produção a visão de como seria sua área dentro dos próximos dois ou quatro anos. Tal interação acontece naturalmente num ambiente de manufatura japonês pois seu estilo e visão é bem diferente do americano ou europeu (salvando-se em parte a Itália). A maior parte de suas soluções para incremento de produtividade são provenientes dos técnicos da linha de produção e, conforme se mencionou no just-in-time, os "blue-collars" tem uma grande responsabilidade neste sentido, principalmente no caso das indústrias que exigem mão-de-obra especializada como as do metal-mecânico. Isto acontece lá com sucesso porque por detrás das grandes empresas como Matsushita, Toshiba, Toyota ou Nissan, os fundamentos de organização da produção não mudaram desde os tempos do Shogum. Em outras palavras, o contato do japonês com as modernas linhas de produção traduz o mesmo sentimento honroso encontrado no passado para com as pequenas oficinas de trabalho quase familiares, os "job shops".

Talvez esta seja uma das principais diferenças entre a Automação Industrial nos EUA e no Japão. Enquanto no primeiro ela evoluiu da forte tradição do Fordismo, de produção em massa, com as linhas transfer rígidas tentando se tornar mais flexíveis, no segundo caso tratava-se de automatizar através de idéias incrementais os pequenos "job shops" que já eram flexíveis por produzirem pequenos lotes. Como consequência os EUA partiram direto para a sonhada fábrica do futuro, o CIM (Computer Integrated Manufacturing), realizando pesados investimentos, na sua grande maioria sem o retorno esperado. Já os japoneses, mais pragmáticos, foram se automatizando gradualmente, a custos bem menores, gerando pequenas ilhas de fabricação até integrarem-nas formando os FMS (Flexible Manufacturing Systems). Apesar de não serem os grandes usuários do CIM, são os mais representativos em FMS, os que mais tem investido em Automação Industrial e mais importante, com o melhor retorno.

Outra questão importante no planejamento para a automação é o critério de análise do investimento. A utilização financeira de métodos clássicos de taxas de retorno, a preocupação em automatizar com vistas a obter poupança de mão-de-obra e o hábito americano de decidir com base em números, levou, segundo análise da Business Week, empresas de médio e pequeno porte nos EUA a investir erroneamente ou frear suas investidas em automação. Isto porque as variáveis que devem balizar tal investimento, como maior qualidade, flexibilidade, atendimento mais rápido ao cliente, velocidade nas informações, etc, são intangíveis e trazem através das modificações estruturais na empresa, retornos de mais longo prazo. Mesmo as grandes empresas líderes em contabilidade e finanças nos EUA (the Big Eight) reconhecem a necessidade de modificar os métodos tradicionais de avaliação de custos industriais. Para isso participam de uma cooperativa, criada há 4 anos, denominada Computer Aided Manufacturing-International Inc (CAM-I) que vem desenvolvendo softwares padronizados para gerenciamento destes custos sob um novo enfoque para que se possa aferir melhor os ganhos de produtividade decorrentes da Automação.

9 - AS NECESSIDADES DE UMA PADRONIZAÇÃO.

Para a implantação de uma automação que envolva toda a fábrica, o CIM, torna-se necessário que os vários departamentos se comuniquem utilizando sistemas compatíveis. Muitas tem sido as dificuldades encontradas neste sentido, não existe um livre trânsito de informações entre os vários equipamentos o que se constitui num significativo fator inibidor para os avanços desta integração na manufatura. A General Motors por ser uma das pioneiras no CIM (e por isso talvez a quem enfrentou mais dificuldades), resolveu tomar iniciativa na criação de uma padronização para comunicação dos vários sistemas envolvidos numa planta industrial. Denomina-se MAP - Manufacturing Automation Protocol - criado em 1982, tal foi sua evolução que foi incluído nos padrões ISO - International Standard Organization - permitindo sua maior difusão a nível mundial. Os europeus por exemplo, apesar de terem criado o seu protocolo, o CNMA - Communication Network for Manufacturing Applications - mantiveram compatibilidade com o MAP.

Apesar da GM ter sido quem mais investiu no desenvolvimento deste protocolo, decidiu estrategicamente sair da liderança de modo que o hoje denominado MAP/TOP Users Group - (o TOP é um protocolo padrão ISO para comunicação em escritórios, processamento de dados, engenharia e processamento de textos, desenvolvido pela Boeing), composto de companhias americanas e canadenses evolua independentemente da GM e atraia então maior número de usuários como a Ford ou Chrysler.

Grandes empresas como HP, IBM, Motorola, NCR, Boeing ou Kodak adotaram o MAP nas suas plantas, porém sua difusão em grandes escalas vai depender muito de uma queda no preço, considerado ainda muito elevado, e de avançar tecnologicamente pois necessita aperfeiçoar por exemplo a padronização do sistema de transmissão de dados via cabos ou a transferência de modelos

gráficos de uma estação CAD/CAM para outra, considerados insatisfatórios.

10 - PAÍSES COM MAIORES INVESTIMENTOS NA AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL.

A intensificação do comércio no panorama internacional vem levando a um acirramento da competitividade e conseqüentemente obrigando os países a automatizarem suas indústrias. Neste sentido a automação envolve uma busca constante de redução dos custos, melhora da qualidade do produto, a intensificação de investimentos em P&D, formação de associações para projetos conjuntos, etc.

Cada país apresenta histórias diferentes neste processo de automação de suas indústrias e da mesma forma tem ocorrido com os vários setores. Os EUA por exemplo, apesar de seus investimentos em automação da manufatura representarem o maior valor absoluto (vide tabela 1), em termos relativos representam pouco face ao que tem sido feito nas outras grandes economias.

Tabela 1

Mercado de Automação Industrial para 1989

Em US\$ bilhões

EUA.....	11,6
Japão.....	10,7
RFA.....	4,5
Inglaterra.....	2,1
França.....	2,3
Itália.....	2,0
Coréia do Sul.....	0,175 (1986)
Brasil.....	0,379 (1988)

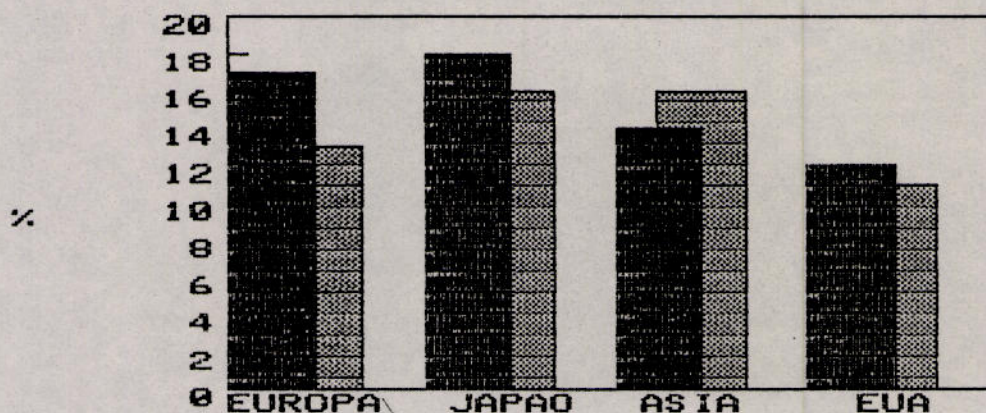
Fontes: Electronics (56).

Electronic Industry of Korea. Sobracon/ABCPAI.

Na verdade, os EUA para se tornarem mais competitivos, começaram a buscar soluções desde finais da década de 70, utilizando medidas tradicionais. Melhor explicando, preocuparam-se em racionalizar os custos de sua indústria pela demissão elevada de mão-de-obra, fechamento de plantas ineficientes ou com elevada ociosidade e corte nos investimentos ligados à produção. Um dado que confirma isto é a taxa anual de crescimento nos investimentos em Automação Industrial neste país, que tem sido inferior às taxas da Europa Ocidental, Japão ou Ásia (vide gráfico A). Como decorrência, não obstante os EUA ter conseguido elevar nos últimos anos sua taxa média de crescimento da produtividade de 1,4% para 3,5% anuais (produção/homem-hora), não é o suficiente se comparado às de outras economias desenvolvidas como Japão, Inglaterra, França ou Itália (vide gráfico B).

Gráfico A

INVESTIMENTO EM A. I. EM 82-86 E 88-92



TAXA MEDIA ANUAL DE CRESCIMENTO

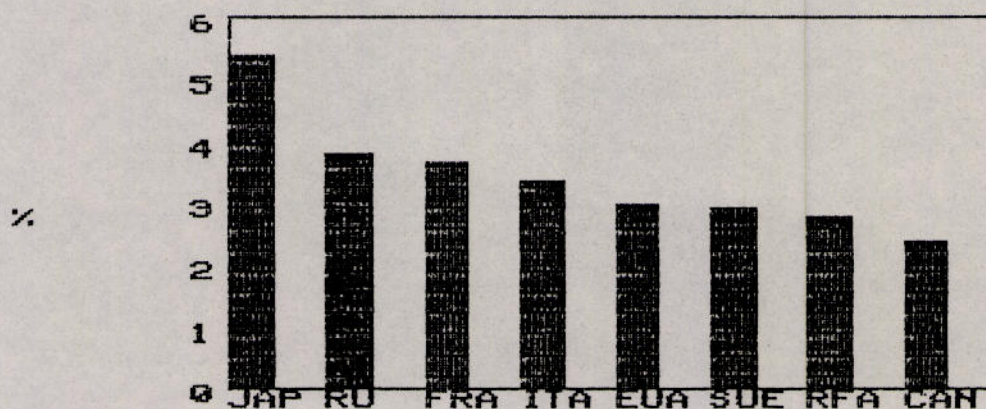
Escuro - 82-86

Claro - 88-92

Fonte: Business Week. June 6, 1988.

Gráfico B

PRODUTIVIDADE NA MANUFATURA 1979-1986



TAXA MEDIA DE CRESCIMENTO ANUAL

Países: Japão, Reino Unido GB, França, Itália, EUA, Suécia, RFA, Canadá.

Fonte: Business Week. June 6, 1988.

Outro fator adicional que levou os EUA a obter ganhos insuficientes nestas taxas foi a própria maneira como tem sido feitas suas inversões na automação da manufatura. Os projetos

megalomânos, o planejamento sem envolver todas as hierarquias existentes e a própria metodologia de análise do investimento, já explicados anteriormente, necessitaram dentre outros fatores, de ser revistos. Somente bem recentemente que a indústria dos EUA vem recuperando sua competitividade. Deve porém ser levado em conta a desvalorização do dólar além do esforço de modernização da sua indústria.

O Japão, como já foi colocado, tem sido quem tem apresentado melhores sucessos na automação da manufatura. Pioneiros do just-in-time, com uma indústria bem integrada e fortemente articulada com o estado (MITI) e mestres na tecnologia de processos, foram automatizando gradualmente suas plantas conseguindo tornar-se fortemente competitivos principalmente nas indústrias de Bens de Consumo Eletrônico, Automotiva e de equipamentos industriais (máquinas-ferramenta, robôs, sistemas flexíveis e máquinas para inserção automática de componentes eletrônicos).

A Europa Ocidental, um mercado aberto e fortemente competitivo vem procurando salvar suas empresas investindo esforços também na automação de sua manufatura, embora em volumes inferiores ao do Japão ou EUA. O CIM, o qual eles preferem denominar AMT (Advanced Manufacturing Technology), não vem acontecendo com o mesmo crescimento que nos EUA, melhor explicando, a Europa Ocidental vê com certo ceticismo a fábrica do futuro dos EUA preferindo a exemplo dos japoneses ser mais cautelosa quanto aos níveis de automação que pretenda introduzir nas suas fábricas. Embora as estimativas variem, o número de fábricas com grau mais elevado de automação, em 1987 era 50 (17), um volume considerado pequeno se comparado ao de seus rivais. Não obstante, os europeus vem apresentando plantas bastante eficientes em setores como informática, microeletrônica, aeronáutica ou automobilística, comprovando que pode-se melhorar qualidade e aumentar a produtividade sem necessitar implementar "fábricas do futuro". Uma empresa por exemplo, produtora de equipamentos de Telecomunicações, deixou de utilizar muitos robôs que havia adquirido para determinadas linhas de montagem por chegar à conclusão que havia um acréscimo grande no custo operacional pois a alta flexibilidade naquelas etapas exigia um grande volume de software a ser desenvolvido.

Nos países do bloco socialista, face ao elevado atraso na sua indústria de informática e de microeletrônica, o grau de automação na manufatura é reduzido. Além disso o fato de serem um bloco fechado, seu avanço de modernização ainda fica mais prejudicado, uma vez que as associações entre as empresas ofertantes de equipamentos/sistemas no panorama internacional, tem sido intensa criando um gap cada vez maior para aqueles países, cujas empresas não participam. Não obstante, a URSS e a Tchecoslováquia figuravam como um dos maiores usuários de FMS até 1985. (53)

Os países do Sudeste Asiático, NICs, apresentam uma indústria ainda intensiva em mão-de-obra, com baixa automação, tendo atraído principalmente na década de setenta e finais de sessenta o investimento das multinacionais americanas, européias ou japonesas, pelas vantagens comparativas da mão-de-obra. Este

fator, além da produção nestes países ser menos intensiva em tecnologia, contribui para um retardamento na sua automação.

A Coreia do Sul por exemplo, apesar do sucesso na sua crescente competitividade, não apresenta em geral plantas modernas ao nível do que se encontra nos países desenvolvidos. O baixo consumo de equipamentos de automação (vide tabela 1) reflete este quadro. Os robôs por exemplo, tem sido aplicados apenas em ambientes realmente inadequados para o trabalho humano e ainda existe um desconhecimento quanto à forma de operá-los. O encarecimento da mão-de-obra coreana, a necessidade de manter a competitividade de seus produtos no mercado internacional e a busca por aqueles mais intensivos em tecnologia, tenderá a acelerar a automação neste país. A maior parte dos equipamentos de Automação Industrial é proveniente do Japão pois o estágio tecnológico da indústria local é incipiente. Estimou-se em 1987 a existência de 500 robôs industriais, sendo 98% japoneses. O maior demandante por robôs nacionais é a Hyundai Motor Co por ser o maior fabricante de automóveis e possuir como fornecedor a Hyundai Heavy Industries, do mesmo grupo.

Outros países de industrialização recente como Brasil, México, Argentina, Índia, China, etc, tem ainda uma elevada taxa de mão-de-obra nas suas plantas. Seu baixo custo aliado à baixa difusão da Informática e tecnologia microeletrônica comprometem a modernização do parque industrial nestes países.

11 - INDÚSTRIAS ONDE O MOVIMENTO DE AUTOMAÇÃO TEM SIDO MAIS INTENSO.

Se observarmos sob a ótica de níveis de investimento, destacamos as seguintes indústrias:

11.1 - Indústria Automobilística

Neste setor, cuja produtividade vem crescendo 6% ao ano desde 1981 (37) os investimentos em automação, dada a concorrência acirrada entre as montadoras, tem sido os mais pesados.

Os EUA são líderes em termos de nível de sofisticação e por isso mesmo são quem tem feito maiores investimentos. Caracterizam-se pelas CIM (Computer Integrate Manufacturing) para vencer a forte concorrência dos japoneses. Somente a GM gastou (Datamation, Março/1988), aproximadamente US\$ 80 bilhões em novas plantas ou equipamentos de automação. Sua estratégia é serem líderes na tecnologia CIM, tanto que implantaram recentemente uma fábrica/laboratório nos EUA (Saginaw Vanguard) utilizando as tecnologias mais sofisticadas, objetivando a partir das experiências então obtidas, difundi-las em outras plantas da GM. Muitas inovações ali estão ainda em estágio experimental mas existem perspectivas de utilizar por exemplo robôs com sensores óticos e com dois braços para montar componentes imitando o trabalho humano. Tal método eliminaria

os usuais alimentadores e outros vários acessórios mecânicos. Além disso versões mais recentes do MAP e sistemas com Inteligência Artificial vem sendo testados nesta planta-piloto. Neste caso argumentam não existirem preocupações quanto ao retorno do investimento mas sim no aprendizado.

A Chrysler, com investimentos menos ambiciosos, conseguiu bons resultados e acredita-se ter a melhor CIM das três grandes (GM, Ford e Chrysler) na localidade de Detroit. Sua estratégia foi primeiramente criar ilhas de automação através da introdução de comandos numéricos computadorizados e controladores programáveis nas máquinas. Em seguida, reestruturar e informatizar sua área de planejamento e controle da produção para então ligar ambas as áreas num só sistema. Desta forma, e também fazendo antes um forte treinamento de pessoal, conseguiu atingir uma boa flexibilidade e alta produtividade sem instalar a fábrica do futuro. Mais recentemente, entretanto, instalou uma planta nos EUA com investimento de US\$ 700 Milhões numa joint-venture com a Mitsubishi Motors Corp. Compreende 470 robôs (mais que qualquer outra fábrica de autos) e utilizou não apenas tecnologia própria mas também de outras empresas automobilísticas americanas, japonesas e européias. Grande parte do suporte de engenharia veio da Mitsubishi. Sua capacidade é de 240.000 carros/ano.

Os Japoneses, apesar dos esforços dos EUA, continuam a ser líderes na exportação mundial de autos, representam 25,8% (40) do mercado nos EUA. Sua liderança se deve principalmente aos custos reduzidos de fabricação e por atenderem rapidamente às necessidades da demanda. Sua estratégia de instalar plantas nos EUA por joint-ventures com as grandes companhias locais (Big Three, Ford, GM e Chrysler) ou diretamente, criará até o início da próxima década um excesso de capacidade em torno de 2 milhões de unidades, só no mercado dos EUA, tal fato vem preocupando as autoridades americanas. Sua eficácia no gerenciamento da produção vem levando as grandes empresas automobilísticas européias e norte-americanas a buscar com eles joint-ventures para conseguirem competitividade e aprenderem sua tecnologia de gerência e de automação do processo de produção. Cabe destacar além da associação Chrysler/Mitsubishi acima citada, as associações Ford/Mazda, GM/Suzuky e GM/Toyota, todas destinadas à produção de pequenos carros. Enquanto nos EUA, a automação se dá pela ligação de diferentes máquinas, incluindo robôs, comando numéricos, máquinas-ferramenta, linhas transfer e enfim um grande computador, configurando uma ampla rede, no Japão uma empresa como a Toyota, projeta toda sua linha de produção e encomenda ou fabrica os equipamentos de acordo com suas necessidades (custom made) reduzindo necessidade de protocolos para interfaces dos vários equipamentos. Além disso, conforme já foi mencionado, apesar de no Japão haver uma intensidade de equipamentos de automação, raramente eles estão integrados por uma rede e comandados por complexos sistemas computacionais, como nos EUA. A fábrica da Nissan localizada em Murayama no Japão é um bom exemplo de eficiência em automação sem necessariamente ter recorrido a sistemas sofisticados. Um código de barras colocado no chassi desde o início da linha de montagem dos autos, informa aos robôs os dados necessários para trabalharem. Similarmente os operários recebem informações por

adesivos com código de cores, colados na carroceria do veículo, para a montagem final (acabamento). Somente a emissão dos códigos de barras e dos adesivos é controlada por computador.

Enfim, a indústria automobilística é uma das maiores usuárias de equipamentos de automação. Só nos EUA, dos 27.000 robôs operando em 1987, mais da metade se encontrava naquela indústria. Sua contribuição se dá também por ser um pólo de difusão das novas técnicas de automação em processos discretos, seja pelo desenvolvimento de protocolos como o MAP, das redes interligando vários sistemas que vão do robô ao CAD, ou pela participação no projeto de equipamentos cada vez mais sofisticados como robôs com sensores visuais, etc.

11.2 - Indústria Eletrônica

Esta indústria vem se tornando paulatinamente uma das maiores usuárias de equipamentos inteligentes. As plantas produtoras de chips, por exemplo, já vieram automatizadas pela própria natureza do processo que exige elevada sofisticação no controle das várias etapas.

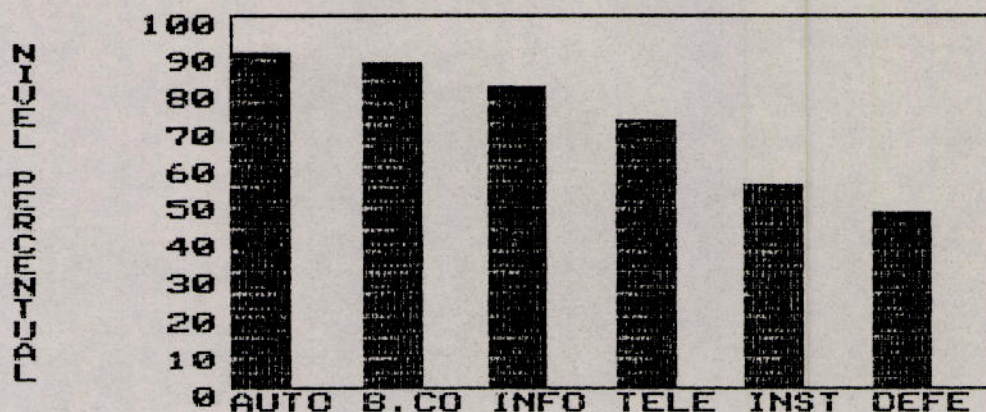
No tocante ao projeto dos sistemas e componentes microeletrônicos-chips atualmente é considerado fundamental a utilização do CAD/CAE e representa a sua segunda maior fonte de uso seguida da utilização para projeto de componentes mecânicos. Sua necessidade se dá pela crescente complexidade dos circuitos e tamanho dos mesmos.

Além da utilização intensa de CAD/CAE na área de projetos, a indústria eletrônica vem paulatinamente substituindo o método manual de inserção de componentes nas placas de circuito impresso pelo método de inserção automática controlado por computador. Desta forma permite-se uma produção flexível e em elevada escala de produtos finais viabilizando uma participação no mercado internacional.

Nos EUA, a montagem automática de componentes eletrônicos foi em 1986 liderada pela indústria eletrônica automotiva seguida da indústria de Bens de Consumo eletrônicos (vide gráfico C).

Gráfico C

AUTOMAÇÃO DE MONTAGEM DE COMPONENTES



PRINCIPAIS SETORES

Setores: Automobilístico, Bens de Consumo E., Informática, Telecomunicações, Instrumentação, Defesa.

Fonte: Electronics. June 25, 1987.

Vale dizer que o teste de produtos semi-acabados e acabados geralmente é a primeira etapa onde se introduz equipamentos inteligentes pela elevada necessidade de qualidade e confiabilidade no produto final.

Algumas empresas são as próprias fabricantes dos equipamentos ou linhas de inserção automática não deixando porém de adquirirem máquinas de outros fabricantes para permitir se manterem no estado da arte.

Desta maneira não ficam unicamente dependentes do fornecedor externo o que ameaçaria sua competitividade pois a evolução tecnológica nestes equipamentos é rápida e determinante para elevar a produtividade e reduzir custos.

Os japoneses apresentam as plantas mais automatizadas de Bens de Consumo Eletrônico utilizando além dos equipamentos de inserção automática, robôs para montagem, sistema geral de transporte de matéria-prima e produto final totalmente automático, deixando apenas para alguns testes finais a interferência humana.

São os mais verticalizados em termos de fabricação própria dos equipamentos. No tocante à integração completa (CIM) não se observa o movimento com a mesma intensidade que ocorre na ind. automobilística.

Nas áreas de computação e telecomunicações, a crescente diversificação de equipamentos, variando na capacidade de processamento e armazenamento conforme as necessidades específicas do usuário, torna necessário investir em plantas bastante flexíveis, seja no tocante à montagem de componentes

nas placas de circuito impresso, que vai destinar-se à geração de vários tipos de computadores ou centrais de comutação, seja no tocante à tecnologia utilizada (ex. tipo de inserção dos componentes - SMD - Surface Mounted Technology ou inserção tradicional).

A IBM tem sido provavelmente a empresa nesta área que mais vem se dedicando a implantação de CIM na produção de seus vários equipamentos. Com o já mencionado Manufacturing Research Group, vem obtendo bons resultados nos aperfeiçoamentos de técnicas de automação da manufatura.

Outra grande empresa, a AT&T, vem se empenhando na automação em suas plantas e igualmente possui um centro de pesquisas com fins semelhantes ao Manufacturing Research Group da IBM. Tanto estas quanto demais empresas norte-americanas do setor vem introduzindo as técnicas japonesas de gerenciamento no processo de automação de suas plantas.

11.3 - Indústria de Bens de Capital

O setor fabricante de máquinas e equipamentos destinados à manufatura além de ter sofrido um impacto na engenharia dos equipamentos pela incorporação da tecnologia microeletrônica, tem sido também um ambiente de grandes mudanças nos processos de fabricação pela sua crescente automação.

Por ser esta uma indústria caracterizada pela produção de pequenos e médios lotes e por ter uma grande intensidade de processos de usinagem de metais, representa um importante mercado para máquinas-ferramenta, CNC, robôs e FMS, criando uma forte sinergia. Cabe dizer, por exemplo, que as indústrias produtoras de equipamentos que processam metais (metal working) e produtoras de demais equipamentos denominados não elétricos, (classificação da ISIC - International Standard Industrial Classification, que se aplica a máquinas-ferramentas em geral), possuem respectivamente 12,5% e 20,6% do total de centros de usinagem em operação nos EUA. No caso do Japão, as indústrias de equipamentos não elétricos e de transporte possuem respectivamente, 43,9% e 24,1% das máquinas-ferramenta CNC lá em operação (54). A intensidade no uso de máquinas-ferramenta CNC ou centros de usinagem como acima mencionado não reflete necessariamente em elevado grau de automação nestas indústrias mas é um bom indicador quanto aos avanços que aí podem ocorrer na medida em que vão se integrando tais equipamentos.

A modernização deste setor pela introdução da tecnologia microeletrônica vem implicando em mudanças estruturais na sua oferta. Neste sentido, os países industrializados vem paulatinamente aumentando sua participação no mercado internacional de máquinas e equipamentos deixando para os países em desenvolvimento espaço apenas para nichos de mercado cuja demanda se caracterize por equipamentos convencionais, de baixo valor agregado.

11.4 - Indústrias de Processos Contínuos (Química, Petroquímica, Papel e Celulose, Siderurgia, Farmacêutica, Cimento, etc)

Conforme já foi mencionado, o salto qualitativo nestas indústrias com a introdução da tecnologia microeletrônica, dado o nível de integração inerente ao processo, foi bem menos expressivo do que nas indústrias de produção discreta.

Os países desenvolvidos, estão bem adiantados na utilização dos controles de processo configurando redes e sistemas mais complexos e já existem alguns sistemas utilizando fibra ótica. Os EUA vem liderando na determinação dos protocolos de comunicação para estas redes através do PRO-WAY da ISO. Cabe dizer, que além dos fatores de ganho de produtividade e qualidade a crescente conscientização nestes países de controle de poluição nestas indústrias, altamente poluidoras, constitui também um forte incentivo à utilização de controles mais rigorosos e seguros através da automação dos processos.

12 - CARACTERÍSTICAS DA INDÚSTRIA OFERTANTE DE EQUIPAMENTOS DE AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL.

A oferta destes equipamentos constitui empresas de diferentes origens: pode ser de empresas do setor de informática, é o caso da grande maioria dos fornecedores de sistemas CAD/CAM; de empresas do setor eletro-eletrônico, fornecedoras de produtos tradicionais para instrumentação e controle como relés, painéis e instrumentos analógicos e que passaram a incorporar na sua oferta controladores de processo; de empresas do setor metal-mecânico, fornecedoras tradicionais de máquinas-ferramenta ou de outros equipamentos com base tecnológica eletro-mecânica voltados para processos discretos e que introduziram nestes a tecnologia informática; e finalmente a produção proveniente do próprio usuário na medida em que decidiu flexibilizar suas rígidas linhas de produção com a introdução de células, robôs e FMS. Neste caso, podemos destacar novamente as grandes montadoras de automóveis que foram as pioneiras nesse processo de automação e por esta razão se viram obrigadas a desenvolver os equipamentos e sistemas próprios necessários, principalmente os robôs.

Duas fortes características desta indústria são: a forte articulação usuário/fornecedor, necessária para o desenvolvimento das soluções e que explica a participação dos grandes usuários na produção de robôs; e o elevado número de associações, acordos, etc, entre as empresas fornecedoras de equipamentos/sistemas para concentrar esforços em P&D, troca de tecnologia, uso da marca, etc..., os quais enumeramos alguns significativos.

1) Associações para projetos conjuntos/troca de tecnologia e para fabricação.

Ex.: Fanuc (JAP)/Siemens (RFA)
Cincinnati Milacron (EUA)/Dainichi Kiko (JAP)
Nippondenso Co (JAP)/Allen-Bradley (EUA)
GMF Robótica (EUA)/Meta Machines Ltd (RU)
Allen-Bradley (EUA)/Olivetti (Itália)

2) Acordos para divisão do mercado/uso da marca e rede de distribuição e assistência técnica.

Ex.: GMF (EUA)/Fanuc (JAP)
Unimation (EUA)/Mitsubishi (JAP)
Westinghouse
Hitachi (JAP)/GEC (RU)
Hitachi (JAP)/General Electric (EUA)

3) Fusões/Aquisições/Joint-Ventures

Ex.: Westinghouse (EUA)/Unimation (EUA)
GM (EUA)/Electronic Data Systems (EUA)
Siemens (RFA)/General Numeric (EUA)
Ford Motor (EUA)/American Robot Corp.
Asea (Suécia)/Trallfa (Noruega)

4) Setores onde mais se concentram as associações.

Ind. Automotiva (GM, Ford, Renault, Fiat, Toyota).

Eletroeletrônica (GE, Westinghouse, Siemens, CGE, ASEA).

Máquinas-ferramenta (Kearney & Trecker, Giddings & Lewis, George Fisher).

A seguir, apresentamos de forma discriminada os produtos/sistemas principais destinados à automação da manufatura, sua estrutura de oferta, principais mercados e evolução tecnológica.

1 - Máquinas-ferramenta com Comando Numérico (MFCN).

Os Comandos Numéricos (CN) acoplados às MF introduziram um elevado incremento na produtividade e flexibilidade nos processos de usinagem. Sua evolução se deu a partir das primeiras máquinas-ferramenta com comando numérico desenvolvidas nos EUA no início dos anos 50. Com o aperfeiçoamento da tecnologia de informática, a difusão dos microprocessadores (1974-1975) e a simplificação na programação, os CN se tornaram viáveis permitindo uma ampla incorporação pelas MF. Já em 1980 (52) mais de 50% dos tornos produzidos nas economias desenvolvidas possuíam CN revelando um processo de rápida substituição pelas máquinas convencionais. Pode hoje ser considerada amadurecida a tecnologia dos CN para MF em geral, o que não significa estagnação, pois embora a performance dos CN seja hoje suficiente para comandar as várias operações da máquina, a evolução se dá pelas melhoras na interface

homem/máquina, como por exemplo nos softwares com linguagens de alto nível ou nas configurações em rede comunicando com sistemas CAD. Paralelamente vão se dando avanços na mecânica fina, por exemplo na precisão/performance dos motores de acionamento dos eixos da máquina, dos fusos e rolamentos, na redução das vibrações, etc.

A oferta de MFCN no mundo é dominada pelos países industrializados. A crescente substituição das MFCN pelas MF convencionais, mesmo nos países em desenvolvimento, vem reduzindo ainda mais a participação destes últimos no mercado internacional de MF. A tabela A nos mostra que os cinco maiores produtores mundiais de MF (convencionais + MFCN) em 1987 tiveram 67% do total, de US\$ 31.405,1 milhões. Os dados da Balança Comercial em MF para cada país apontam também para uma relevante participação no fluxo do comércio internacional deste produto.

Tabela 2

Produção e Comércio Mundial de Máquinas-Ferramenta em 1987

(Em US\$ Milhões)

País	Total	Produção		Comércio	
		Arranque	Deform.	Export.	Import.
01. Japão	6.413,71	4.6945,11	1.718,71	2.933,31	281,0
02. Alemanha Ocidental	6.241,51	4.584,41	1.657,01	3.314,01	1.270,4
03. URSS	3.976,31	3.234,01	742,31	312,31	1.639,2
04. USA	2.435,01	1.685,01	750,01	640,01	2.025,0
05. Itália	2.121,91	1.476,11	645,81	1.118,81	517,0
06. Suíça	1.475,71	1.267,71	207,91	1.375,11	389,0
07. Alemanha Oriental	1.302,51	1.046,51	256,01	1.193,71	197,0
08. Reino Unido	940,31	747,31	193,01	459,51	539,6
09. França	715,41	570,61	144,71	282,81	715,4
10. Taiwan	578,71	436,21	142,61	378,01	244,0
11. Espanha	575,01	437,71	137,31	218,81	250,6
12. Iugoslávia	573,81	425,81	148,11	325,31	156,7
13. Coreia do Sul	505,51	364,61	141,01	40,01	400,0
14. Tchecoslováquia	405,01	360,01	45,01	330,01	85,0
15. Brasil	400,01	300,01	100,01	39,01	49,0
16. Rumania	355,01	330,01	25,01	55,01	75,0
17. China	342,01	285,01	57,01	8,01	115,0
18. Índia	277,71	162,01	115,71	34,71	146,6
19. Suécia	252,91	158,51	94,41	203,41	309,0
20. Hungria	216,81	196,71	20,11	184,61	124,2
21. Canadá	197,71	125,91	71,81	61,01	402,0
22. Bélgica	179,31	42,81	136,51	294,31	321,1
23. Polônia	173,01	150,01	23,01	78,01	95,0
24. Áustria	155,01	120,01	35,01	169,71	137,7
25. Bulgária	140,01	130,01	10,01	85,01	150,0
26. Israel	130,01	95,01	35,01	115,01	153,0
27. Dinamarca	89,01	64,01	24,61	62,81	128,6
28. Países Baixos	70,11	47,41	22,71	172,71	355,5
29. Austrália	45,01	17,01	28,01	4,91	137,4
30. Singapura	35,51	32,01	3,51	85,01	145,0
31. Finlândia	29,51	4,51	25,01	33,71	117,3
32. México	21,41	17,81	3,61	2,71	148,7
33. Portugal	18,71	7,51	11,21	9,41	33,0
34. África do Sul	14,71	9,81	4,91	2,51	63,8
35. Hong Kong	1,41	0,21	1,21	6,01	75,0
Total	131.405,11	23.627,11	7.777,61	14.629,01	12.128,2

Fonte: Feira Internacional de Bilbao (Espanha) em 1988. Dados estimados. (15)

O Japão é o maior produtor mundial de MF, atingiu US\$ 6.413,7 milhões em 1987 onde 71% eram MFCN (30). Foi o país que ao longo dos últimos 15 anos mais cresceu sua participação no comércio internacional de MF. Suas exportações foram favorecidas pela forte demanda dos EUA cuja indústria doméstica não consegue

competir em preço com as MFCN japonesas no segmento de menor porte. As recentes medidas de proteção à indústria doméstica de MF dos EUA contra as elevadas importações do Japão e Taiwan, adiada à valorização do yen, passaram a liderança do Japão para a RFA em termos de exportações mundiais em 1987. A RFA representa junto com a Suíça e Itália a indústria de MF mais moderna na Europa Ocidental. Resulta destes países terem um setor metal-mecânico expressivo e terem uma boa demanda da CEE. Caracterizam-se os dois primeiros por apresentar equipamentos mais sofisticados, de alta precisão e portanto geralmente mais caros que os japoneses. Os italianos por outro lado, são bastante competitivos nas MF menos sofisticadas.

Os EUA figuram como o quarto produtor mundial de MF e apresentam o maior déficit na balança comercial de MF, com US\$ 1,38 bilhões em 1987.

Segundo outra fonte, do Departamento de Comércio nos EUA, as importações em 87 chegaram a US\$ 2,65 bi e representaram 51% do consumo interno. Destas, 52% provinham do Japão seguido de 16% da RFA. O mercado doméstico de MFCN foi de US\$ 1,1 bi em 1986 totalizando 14.835 unidades, o que sugere uma participação destas máquinas de algo em torno de 30% do mercado norte-americano de MF.

A indústria de MFCN dos EUA especializou-se mais em máquinas sofisticadas de grande porte devido ao peso inicial da demanda por parte do Departamento de Defesa ou da indústria aeroespacial. Tal fato comprometeu os custos de fabricação destes equipamentos e não gerou uma oferta para o mercado de massa, permitindo a forte penetração japonesa. Em consequência, a indústria doméstica, com o apoio do governo vem procurando recuperar sua competitividade minimizando os custos de fabricação, fechando plantas improdutivas, automatizando e fazendo esforços conjuntos de P&D através da criação do National Center for Manufacturing Sciences, com amplo apoio do Departamento de Defesa e do Governo do Estado de Michigan, onde o Centro se localiza. Vale acrescentar que a busca por componentes e partes mais baratos no exterior faz parte da estratégia de redução dos custos.

Para contornar as restrições governamentais dos EUA, fabricantes estrangeiros, notadamente japoneses, vem instalando ou expandindo fábricas nos EUA. Somente em 1988 previa-se a instalação ou expansão de nove plantas de empresas japonesas de MF (26).

Os países em desenvolvimento que mais se destacam na produção de MF são Brasil, Índia, Argentina, Coreia do Sul, Taiwan e China. Sua participação no mercado internacional é bastante modesta. A produção destina-se basicamente ao suprimento do mercado interno. A exportação se dá na sua grande maioria por máquinas convencionais, geralmente destinadas ao mercado dos EUA, com exceção da China, e países do Bloco Socialista (bons produtores de MF convencionais com forte exportação dos últimos para a CEE).

A crescente substituição das MF convencionais por MFCN trouxe implicações na estrutura de oferta dessa indústria. Tornou-se necessário obter componentes eletrônicos no mercado internacional a preços reduzidos e para fazer face aos elevados custos de P&D, assistência técnica e comercialização, obriga-se à produção em larga escala. Conseqüentemente, as pequenas firmas, produtoras de MF convencionais foram deixando espaço para as grandes firmas. Neste sentido, os japoneses foram pioneiros neste movimento, produzindo MFCN tipo standard, com comandos simples e de baixo custo permitindo atingir o grande mercado das pequenas e médias firmas usuárias.

Na produção exclusiva de CN, a concentração ainda é maior e decorre do fato das empresas fabricantes de CN terem origem na indústria eletrônica e que trabalha com escalas elevadas. O custo de uma unidade de CN representava em 1982, 30% do custo total de uma MFCN (excluindo suporte de software) o que implica numa relevada importância obter CN a custos reduzidos. Muitas empresas de MFCN preferem ter a produção cativa da unidade de CN e não está claro se esta característica prevalecerá no futuro (28).

Destaca-se como grande fabricante de CN a FANUC, japonesa, empresa líder mundialmente e que em 1980 produziu 52,5% do total de unidades de CN produzidas no Japão, EUA, RFA, França, UK, Itália e Suécia (28).

Na Europa temos a Siemens e Olivetti e nos EUA a Cincinnati Milacron, Allen Bradley e GE, todas com escalas bem menores que a Fanuc. Vale mencionar a importante aliança GE-Fanuc, que permite liderarem o mercado de CNC nos EUA.

As principais indústrias demandantes de MFCN se concentram no complexo metal-mecânico (Bens de Capital e Automotiva). O impacto de seu uso difere muito conforme a indústria na qual se trabalha. Produtores de componentes mecânicos ou pequenos equipamentos, como bombas, válvulas, compressores ou transmissões tem mais propensão a utilizar MFCN do que produtores de equipamentos maiores como máquinas têxteis, máquinas-ferramenta, turbinas, etc. (52)

2 - Robôs Industriais

Enquanto as MFCN vão substituindo mão-de-obra qualificada implicando em redução de custos do fator trabalho, os robôs substituem trabalho não-qualificado o que significa ser também um fator inibidor para difusão dos robôs nos países em desenvolvimento.

A principal aplicação dos robôs é para solda e pintura ou na manipulação de materiais para "servir" a outras máquinas. A utilização dos robôs para montagem vem se difundindo mais recentemente com o desenvolvimento de sensores óticos e táteis.

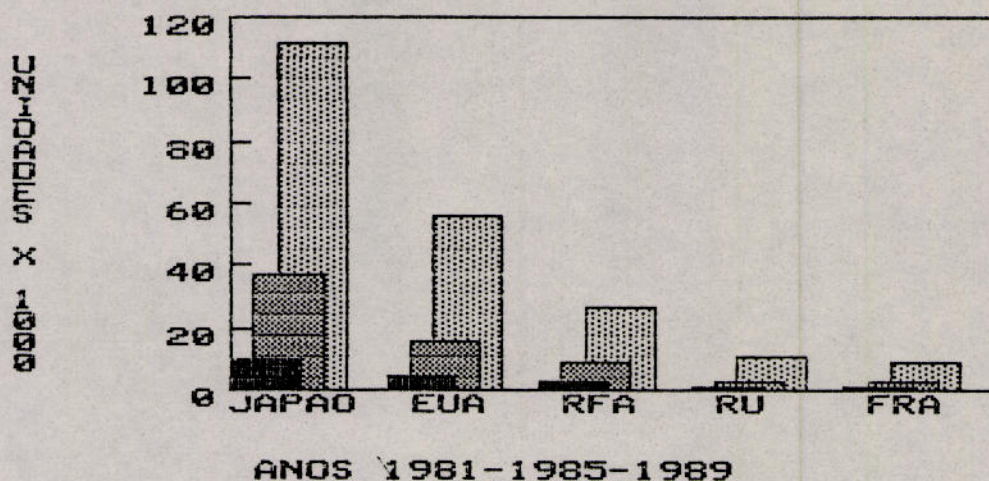
Quanto às indústrias usuárias, a de material de transporte, particularmente a automobilística é a maior. Entretanto, os fabricantes de robôs vem se esforçando para ampliar sua difusão em outros setores. As indústrias do Complexo Eletrônico, principalmente no Japão, vem ocupando destaque principalmente na aplicação em tarefas de montagem das peças e componentes eletrônicos ou mecânicos para bens de consumo. Por outro lado, algumas empresas européias retroagiram no processo de investimento em robôs alegando que os custos operacionais haviam se elevado muito devido aos custos de reprogramação nas linhas que precisavam ser mais flexíveis. Na realidade não souberam fazer as substituições devidas e acabaram por realizar pesados investimentos e que levaram ao fracasso.

O Japão é considerado o maior usuário de robôs prevendo-se ter em 1990, 110.000 robôs instalados (ver gráfico E). Produziu em 1987, US\$ 676 milhões (30) (incluindo os robôs "pick and place"). Praticamente não ocorrem importações e aproximadamente 15% da produção é destinada às exportações, principalmente para os EUA (28). A liderança japonesa na produção dessa indústria se explica principalmente pela estrutura de conglomerado daquele país. Em outras palavras, os fabricantes japoneses são também grandes usuários de robôs além de pertencerem a um conglomerado que atua em vários segmentos facilitando a difusão das aplicações. Os japoneses, entretanto, possuem limitações no desenvolvimento de software para os robôs. O governo japonês através do MITI teve um importante papel no estímulo à utilização dos robôs e no seu desenvolvimento tecnológico.

Os maiores fabricantes japoneses são: Kawasaki (solda a ponto); Yaskawa (solda a arco); Kobe steel (pintura); Matsushita, Hitachi e Nec (montagem).

Gráfico E

MERCADO MUNDIAL DE ROBOS



ANOS 1981-1985-1989

Países: Japão, USA, RFA, Reino Unido GB, França.

Obs.: As barras seguem da esquerda para direita a ordem crescente dos anos.

Fonte: Computerworld. January 4, 1988.

Os EUA são o 2º mercado de robôs, com previsão para 56.000 instalados em 1990. A integração dos robôs em diferentes sistemas automatizados potencializa sua demanda nos EUA. A indústria doméstica de robôs vem sofrendo forte pressão dos concorrentes estrangeiros, principalmente japoneses, que representaram em 1987 40% do mercado norte-americano de robôs(54). A produção doméstica totalizou US\$ 205.9 milhões em 1986 com 6.150 unidades enquanto as importações chegaram a US\$ 147,2 milhões com 3.907 unidades (54). As empresas americanas fabricantes de robôs apresentam um grau de concentração maior do que no caso japonês e as menores, para se tornarem mais competitivas vem importando a parte básica do robô adicionando alguns periféricos e software para aplicações específicas. Seus esforços em P&D não tem sido suficientes para acompanhar os rápidos avanços dos fabricantes estrangeiros revelando uma tendência de participar mais na oferta de software.

Os maiores fabricantes nos EUA são: Unimation (Westinghouse); Cincinnati Milacron e Automatix Inc. (28). Entretanto, grandes corporações, a exemplo dos japoneses, entraram no mercado pretendendo com os esforços de automação nas suas empresas, produzir seus próprios equipamentos, principalmente os robôs. Tornam-se portanto, fortes usuários e fabricantes. É o caso da IBM, da GM/Fanuc GE e Westinghouse.

Não obstante o retrocesso nos investimentos em robôs pela indústria européia, as taxas de crescimento ainda são elevadas. A RFA destaca-se como maior usuária e maior fabricante com previsão para 1990 de atingir 27.000 unidades instaladas.

Entretanto, a Suécia já em 1981 possuía o maior nº de robôs per capita no mundo (52). Os fabricantes europeus são competitivos e pertencem igualmente a grandes corporações como por exemplo a Volkswagen, BMW, Bosh e Siemens na RFA, a ACMA (Renault) e Citroen, na França, a Olivetti da Itália ou a Asea da Suécia. Existem também fabricantes independentes muito competitivos como Cloos, Kuka (RFA), Trallfa (Noruega) ou DEA (Itália).

A produção e consumo de robôs está praticamente restrita aos países industrializados. Seu custo para os países em desenvolvimento ainda é elevado se comparado à utilização da mão-de-obra que por sua vez tem oferta suficiente para trabalhar no 3º turno ou em ambientes poluentes. Além disso, o problema de ter mão-de-obra qualificada para programação dos robôs é mais grave nestes países.

Taiwan e Coréia do Sul foram os pioneiros no Terceiro Mundo no projeto e produção de robôs, porém muito timidamente.

As elevadas taxas de crescimento na utilização de robôs refletem o grau de intensidade que os países industrializados tem feito na automação da manufatura, gerando sistemas flexíveis em larga escala. Vale ressaltar que na medida que os robôs se tornarem mais flexíveis (pela facilidade na reprogramação) sua utilização junto às MFCN potencializará a integração da manufatura.

3 - CAD

A inclusão do CAD, como equipamento de automação industrial, é por sua grande utilidade na engenharia de produto, uma atividade cada vez mais relevante para manter a competitividade da empresa e que requer uma grande economia de escopo (economia nas atividades de desenvolvimento e projeto do produto).

Sua difusão se deu apenas com o aparecimento dos microprocessadores, que possibilitaram a utilização do CAD em equipamentos de menor porte. O crescente mercado de workstations (US\$ 4,1 bi - International Data Corporation), por sua vez cada vez mais sofisticadas, potencializa ainda mais o mercado de CAD.

Os primeiros usuários a utilizar CAD foram as indústrias aeroespacial e automobilística dos EUA e isto ocorreu já na década de sessenta.

A indústria microeletrônica talvez já seja a maior usuária. O projeto de circuitos integrados, como já foi dito, com sua crescente complexidade exige o auxílio do CAD. Além disso, traz economia de projeto quando se reduz consideravelmente a quantidade de homens/hora nesta atividade. O mesmo ocorre com relação ao projeto de placas de circuito impresso, geralmente com várias camadas (multilayer). A maior facilidade de desenvolver software CAD para esta indústria (muitos desenhos são bi-dimensionais e incluem componentes ou soluções padrões) permitiu que o CAD encontrasse aí um terreno

ainda mais fértil que no campo da engenharia mecânica onde se exige muitas vezes desenhos tridimensionais, complexas simulações e portanto software e máquinas mais potentes.

Não é possível dizer com precisão o tamanho do mercado para CAD a nível mundial mesmo porque esta indústria hoje se torna cada vez mais um segmento da indústria de informática, se diferenciando mais pelo software.

Segundo a Electronics o mercado de CAD para as cinco grandes potências em 1988 teve um total de US\$ 3,33 bilhões (ver tabela). O software é o grande filão, nos EUA por exemplo, representaram US\$ 569 milhões contra os US\$ 251 milhões para o hardware.

Tabela 3

Mercado CAD em 1988

		Em Milhões
EUA	-	US\$ 820
Japão	-	US\$ 700
RFA	-	US\$ 750
França	-	US\$ 454
UK	-	US\$ 294
Itália	-	US\$ 312
Total	-	US\$ 3.330

Fonte: Electronics - Jan/89 (56)

Os EUA são os maiores usuários e praticamente não importam estes sistemas uma vez que são líderes na sua produção.

A indústria de CAD neste país é composta por grandes empresas de informática como IBM, DEC ou HP, fornecedoras de sistemas turnkey, que desenvolvem ou licenciam o software e fabricam ou compram de terceiros (OEM) o hardware. Paralelamente existem empresas originárias do setor como a Intergraph, Computervision, Silicon Graphics, Calma ou Applicon que tentam sobreviver à competitividade das primeiras através de uma maior oferta de software para soluções específicas. A crescente diversificação de aplicativos vem inclusive possibilitando uma maior participação de pequenas e médias empresas, fornecedoras de software ou sistemas de menor porte. Não obstante esta indústria ainda é concentrada. As quatro maiores empresas (IBM, Computervision, Intergraph e Calma) detiveram 70% do mercado norte-americano em 1984 (28).

No Japão o mercado, apesar do seu relativo atraso na indústria de informática para com os EUA, tem uma forte demanda por CAD, impulsionada pela indústria microeletrônica. A oferta é dominada pelas empresas líderes dos EUA no setor. As empresas

japonesas, dada sua carência de software oferecem sistemas de pequeno porte.

Na Europa, dos quatro grandes, a RFA tem a maior demanda, sendo grande usuários as indústrias do setor metal-mecânico. O mercado também é dominado por empresas dos EUA como a Computervision, Applicon ou Gerber, apesar dos esforços de algumas empresas européias. Destacam-se dentre elas a Ferranti, Quest e Racal, inglesas, Matra-Datavision, francesa e Austo, Grado e Dietz, alemãs. São mais competitivas as que comercializam software para modelagem sólida licenciando inclusive alguns para EUA ou Japão.

Quanto aos países em desenvolvimento, revelam-se ainda usuários inexpressivos. Os preços dos sistemas ainda são elevados dando acesso apenas às grandes empresas para utilizá-los. Além disso é necessário treinamento de mão-de-obra para maximizar o uso do CAD. Entretanto, na medida em que se vem ofertando sistemas menores, geralmente com a utilização de micros mais potentes, capazes de manipular com gráficos e imagens, o CAD pode expandir-se rapidamente tendo sido no Brasil por exemplo um dos sistemas de automação que mais cresceu em 1988 com 27% sobre o ano anterior.

Em tratando-se da oferta neste países, as empresas americanas também dominam o mercado, seja pelo licenciamento de tecnologia ou pela venda direta dos sistemas turnkey.

Os sistemas CAD tem evoluído tanto no hardware, através da utilização de equipamentos com microprocessadores 32 bits de alta performance, alguns com tecnologia RISC. Também no software vem crescendo o volume de pacotes destinados a projeto de circuitos integrados, simulações em vários campos da engenharia, projetos de arquitetura, biogenética, aeronautica, etc.

Um campo ainda necessitando evoluir é a interação do CAD com a área de produção, o CAM - Computer Aided Manufacturing - para a integração completa da manufatura (CIM), desde o projeto até a produção final do produto. Neste caso é necessário aperfeiçoar tanto software quanto hardware através de protocolos e interfaces de comunicação do sistema CAD como resto do sistema de informações da empresa. Por enquanto a maior interação do CAD com o resto da manufatura tem se dado pela sua ligação com MFCN.

4 - *Sistemas Flexíveis de Manufatura (FMS)*

Não há estatística precisa quanto ao número de FMS existentes no mundo.

Estudo da ONU (38) estimava os seguintes números de FMS instalados em 1984/85.

Tabela 4

FMS Instalados até 1984/85

Europa	-	82 + (35) em construção
Japão	-	100
EUA	-	47
Total	-	229 + (35)

Este número poderia entretanto, facilmente chegar a 350 levando em conta o possível subdimensionamento admitido neste levantamento.

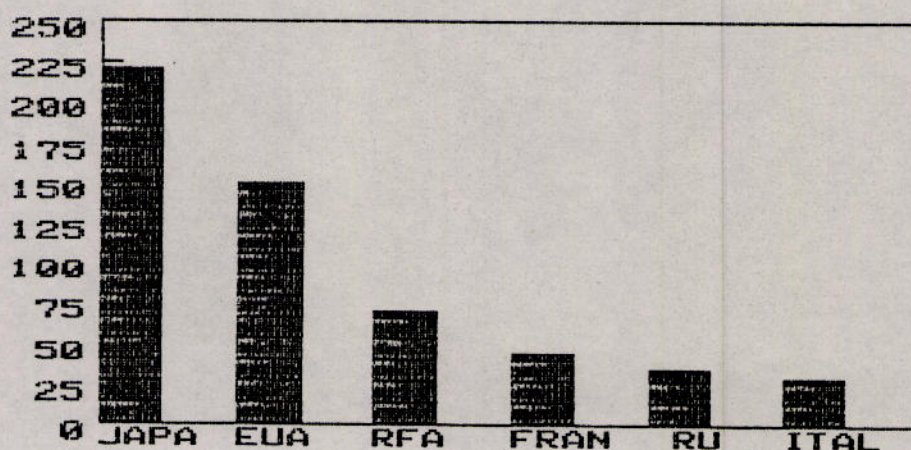
As taxas de crescimento têm sido elevadas para a instalação de FMS.

Representam um elevado custo de capital, variando entre US\$ 2 milhões e US\$ 20 milhões e o número deles instalado tem dobrado a cada dois anos (17). De acordo com estudo da Frost & Sullivan, 44% dos FMS custam US\$ 3 milhões ou menos.

O maior usuário dos SFM tem sido o Japão face à sua liderança em matéria de automação nos processos discretos, não pela sofisticação mas pelo volume, como já foi mencionado. O crescimento de FMS instalados chega a 50 anuais (17) e, conforme o gráfico D estima-se para 1990 existirem no Japão 220 SFM. Interessante notar neste mesmo gráfico a disparidade deste país com relação aos EUA cujas grandes indústrias lideram nos investimentos em automação.

Gráfico D

NUMERO DE SFM INSTALADOS EM 1990



Países: Japão, EUA, RFA, França, Reino Unido GB, Itália.
 Fonte: The Economist. May 30, 1987.

Na Europa, a RFA é quem apresenta maior número de FMS também pelo seu forte setor metalmeccânico.

De acordo com este mesmo relatório da ONU, estimava-se em US\$ 1,5 bi o valor total de FMS instalados no mundo em 1984 com adicionais de US\$ 400-600 milhões por ano o que significa menos de 10% do mercado mundial de máquinas-ferramenta.

Os países em desenvolvimento não são mencionados como participantes deste mercado, no máximo possuem pequenos sistemas a nível experimental. Já nos países socialistas existe um nível de difusão semelhante aos da CEE. A URSS possuía em 1984 cerca de 60 FMS perdendo apenas para o Japão (Relatório-ONU). Atualmente, dada sua defasagem na tecnologia da informação, sua posição deve estar superada pelo rápido avanço das economias capitalistas.

Estima-se para 1990, segundo as elevadas taxas de crescimento nos últimos anos destes sistemas, os seguintes valores nas economias abaixo:

Tabela 5

Evolução do Mercado de FMS

	Em US\$ Milhões		
	1984	1990	Percentual de Crescimento
EUA	262	1.800	587%
Europa	120	1.500	1.150%

Fonte: Relatório ONU-Recent Trends in Flexible Manufacturing (38).

Vale ressaltar que na tabela acima, estão incluídas as células flexíveis de manufatura (CFM), que são sistemas menores, caracterizados por dois ou mais centros de usinagem, que funcionam com pallets e ferramentas trocados automaticamente e controlados por um controle numérico direto (DNC). Estes sistemas tem crescido com taxas ainda mais elevadas e representaram em 1984/85 uma base instalada de 4.000 unidades nas grandes economias (38). O mercado atual de centros de usinagem, elementos-chave da maioria dos FMS, pode resultar no futuro num crescimento do número de CFM ou mesmo FMS instalados, pela integração a posteriori desses centros.

Quanto às indústrias que mais investem em FMS, são aquelas intensivas em operações de corte e usinagem de metais. Consequentemente as indústrias automotiva, aeroespacial e de máquinas-ferramenta são as maiores.

Os FMS são geralmente soluções específicas sendo portanto encomendados a consórcios de empresas fabricantes dos equipamentos que vão integrar o FMS. Sendo equipamentos de diferentes indústrias (elétrica, computadores e periféricos, mecânica), poucas empresas conseguem fornecer uma ampla gama destes, com exceção das japonesas Hitachi, Fanuc ou Toshiba.

Além disso, os grandes usuários desenvolvem suas soluções, incluindo o software, algumas interfaces ou mesmo equipamentos produzidos pelas suas subsidiárias, principalmente robôs, como as empresas IBM, GM, Renault, BMW, Toshiba, Nissan, etc.

Finalizando, a falta ou dificuldade de padronização das interfaces para integrar todos os equipamentos e componentes que constituem um FMS, tem revelado ser um difícil obstáculo para sua maior difusão.

5 - Controladores de Processo (CPs) e Sistemas Digitais de Controle Distribuído (SDCD).

5.1 - CPs

A difusão dos CPs também se deu a partir da evolução da tecnologia dos microprocessadores. Permitiu-se então produzir CPs modulares, de baixo custo, tamanho reduzido, de fácil instalação e baixo consumo.

A evolução tem se dado através das novas arquiteturas de hardware, com microprocessadores mais potentes e maior capacidade de memória que possibilita processar com um grande número de informações por unidade de tempo.

A produção de famílias de CPs, constituindo módulos de portes variados gera a possibilidade de uma automação progressiva e a tendência à configuração de redes.

Os CPs ao contrário dos equipamentos de AI acima mencionados, vem se difundindo pelo mundo todo. Por serem dispositivos que atingem preços bastante viáveis nas faixas menores, de fácil operação e implicarem em poupança marginal de mão-de-obra, sua penetração se dá rapidamente, embora com intensidade menor, nas economias menos desenvolvidas.

A tabela seguir apresenta o mercado de CPs nas grandes economias.

Tabela 6

Mercado de CPs nas Grandes Economias em 1989

	US\$ Milhões
EUA	632
Europa Ocidental	1.364
Japão	844
Total	2.840

Fonte: Electronics. Jan/89 (56)

Conforme se vê, o Japão é o líder no consumo de CPs, em decorrência da elevada difusão de automação na sua indústria. A maioria deles é na faixa de pequeno porte e existiam em 87 cerca de 20 fabricantes havendo uma concorrência acirrada por preço. Em decorrência, estimava-se pela JEA-87 (Japan Electronics Almanac) uma redução na oferta para 1/3 do número de empresas.

A Europa Ocidental, representada pelos quatro grandes, RFA, UK, França e Itália tem o maior mercado e somente a RFA tem 60% com US\$ 813 milhões. Destacam-se como empresas fornecedoras a Siemens e a recente associação ASEA-BROWN BOVERY que atuam mundialmente.

Os EUA, apresentam também um forte mercado, uma das maiores demandas pelos CPs são nas indústrias de processo contínuo, incluindo papel, química, farmacêutica e de alimentos. Esta última é das mais recentes que entraram no processo de automação nos EUA e representa um mercado bastante atraente. A indústria de automóveis foi uma das propulsoras porém tem perdido participação face aos novos demandantes. Por outro lado, os fabricantes de auto-peças, vem se esforçando em automatizar suas plantas para acompanhar o avanço das grandes montadoras o que resulta em manter um elevado patamar na demanda pelos CPs no setor automotivo. A Allen-Bradley é o maior fornecedor no mercado doméstico e internacional.

Além das grandes empresas acima citadas, que atuam no mercado internacional, coexistem várias outras menores que procuram nichos específicos para fugir à acirrada concorrência.

5.2 - SDCDs

Por se tratarem de sistemas para controle de processos que envolvem soluções mais complexas, é mais intensiva em tecnologia exigindo maiores investimentos em P&D. Consequentemente o mercado internacional é dominado por empresas de grande porte. São líderes, a Yokogawa, Honeywell, Foxboro e Bailey. Num segundo escalão vem Ficher, Siemens, Taylor, Asea e Hitachi.

Os EUA e Japão representam os maiores usuários, com US\$ 1 Bi aproximadamente cada um e estimado em 50-60% do mercado mundial. A Europa tem uma demanda inferior (fonte: ECIL P&D).

As maiores indústrias usuárias são química e petroquímica, papel e celulose, farmacêutica, adubos e fertilizantes.

Os fornecedores de sistemas e equipamentos de controle de maior porte para as indústrias de processo, sejam CP's ou SDCD's, necessitam familiarizar-se com o processo que será controlado bem como acompanhar sua evolução tecnológica. Igualmente as indústrias usuárias ou as empresas de engenharia, conhecedoras do processo, se obrigam a acompanhar o desenvolvimento tecnológico que se dá nos sistemas de controle de respectivo interesse. Surge então uma relação de interdependência usuário, empresas de engenharia e fornecedor de sistemas dedicados com um fluxo constante de informações. Como resultado, muitos fornecedores se especializam em sistemas para determinadas indústrias (ex. química, papel e celulose ou alimentícia) criando uma vantagem comparativa para as firmas locais contra os grandes fornecedores internacionais (52).

6 - Serviços

Vale mencionar, que a necessidade de planejar e desenvolver soluções para implantar eficientemente a automação numa planta envolve toda uma série de atividades no âmbito da Engenharia de Sistemas e que vem crescendo gradualmente de importância.

Sendo assim, grandes empresas de consultoria americana vem buscando esta fatia de mercado na oferta de soluções para automação da manufatura, incluindo treinamento gerencial, software, orientação na escolha do sistema, etc.

As empresas ofertantes de equipamentos de Automação Industrial também vem procurando, a exemplo do segmento de Informática, transferir suas maiores margens de lucro na oferta de soluções, incluindo hardware, software, treinamento e assistência técnica.

Entretanto, o movimento que se observa na indústria de Informática, com uma distinção cada vez maior entre hardware e software, figurando-se este como uma indústria à parte, não se observa com a mesma intensidade na indústria ofertante de equipamentos de A.I. Em outras palavras, não se identifica ainda uma indústria exclusiva na oferta de software operacional ou aplicativo, no segmento de A.I. Uma exceção é o segmento de CAD, onde algumas software houses o identificaram como bastante rentável. A CADAM por exemplo, sediada na Califórnia, USA, faturou US\$ 400 milhões com a comercialização de seus software tipo CAD em 1988.

7 - Mercado Mundial de Automação Industrial

A tabela 7, segundo critério de classificação da International Data Corporation, apresenta uma variação que deverá ocorrer na estrutura do mercado mundial de A.I. Pode-se notar um grau de aumento na participação de sistemas integrados na manufatura (FMS e CIM) uma vez que muitos equipamentos adquiridos isoladamente começam a ser interligados e a constituir sistemas mais complexos. Outro dado relevante é a participação dos CPs que por sua ampla variedade de aplicações e baixo custo tem uma grande difusão na indústria.

Tabela 7

Mercado Mundial de Automação Industrial

	1985	%	1990	%
Controladores de Processo tipo CLP	904	8	2.334	6
Máquinas-ferramenta CN	1.469	13	1.945	5
Robôs	565	5	2.334	6
Outros CPs	2.373	21	10.892	28
Equipamentos para transporte de material	1.017	9	1.945	5
Equipamentos de teste	1.356	12	3.890	10
Software para Sistemas de AI	226	2	778	2
Plantas Automatizadas (CIM e SFM)	3.376	30	14.782	38
TOTAL	11.300	100	38.900	100

Fonte: International Data Corporation (The Economist, maio/87).
1990 --> projetado.

Vale acrescentar que pela amplitude do conceito de Automação Industrial, as estatísticas do mercado podem variar significativamente conforme os critérios utilizados. Pelos dados da Electronics Magazine, o mercado de Automação Industrial nas principais economias (EUA, Japão, RFA, Inglaterra, França e Itália) deverá ser de US\$ 33 bilhões refletindo uma baixa participação no Complexo Eletrônico cujo mercado previsto é de US\$ 578 bilhões.

13 - APOIO INSTITUCIONAL/GOVERNAMENTAL NOS PAÍSES.

De uma forma geral há uma preocupação dos governos no apoio à automação da indústria não apenas no tocante aos usuários mas também aos fornecedores de equipamentos e sistemas de automação. Existem, apesar dos vários pontos em comum, algumas peculiaridades de apoio por país e vale destacar o governo japonês como um dos pioneiros nos programas de apoio (desde os anos 60).

A seguir temos a relação dos países, com os programas principalmente destinados à difusão do FMS.

13.1 - CEE

Os países da CEE possuem dentro do programa ESPRIT(*) um subprograma específico destinado à Automação da Manufatura, que inclui difusão dos conhecimentos do CIM.

Além disso os governos dos países pertencentes possuem programas individuais que visam:

a) Elevar o nível de conhecimento dos usuários potenciais através de programas educacionais;

b) P&D nas Universidades, Institutos de Pesquisa e Indústria;

c) capacitação nacional para a produção de componentes para FMS ou para produzir o FMS;

d) uma grande difusão de FMS na indústria.

As prioridades variam de um país para outro. Em alguns, especialmente os menos ricos, os programas dão ênfase aos itens a), b) e d) acima.

Existem também diferenças no que concerne quanto a execução e forma de financiamento dos programas. Alguns tem como fonte de financiamento principal o governo, outros estão ligados a uma determinada associação entre empresas, ou empresas e governo e ainda, empresas e universidade.

Os tipos de apoio direto e seletivo são os seguintes:

- Projetos de P&D;
- estudos práticos;
- investimento em sistemas piloto;
- investimentos em geral.

Os apoios indiretos compreendem por exemplo, benefícios fiscais, taxas de juros subsidiadas, empréstimos que serão pagos somente em caso de sucesso do investimento, etc.

13.2 - Bélgica

Duas importantes instituições, uma Universidade e um Centro de Pesquisa, têm projetos de pesquisa na área de software

(*) European Strategic Programme for Research and Development in Information Technology.

para CNC, Sistemas para integração de processos industriais e robôs para manipular com máquinas CNC.

13.3 - Bulgária

Apoio centralizado por decisões governamentais que definem prioridades onde deve se investir. O Estado coordena atividades de projetistas e fabricantes de componentes para FMS.

13.4 - Canadá

Possui o IRDP (Industrial and Regional Development Program) cuja função é estimular as indústrias a modernizar os processos de fabricação. O apoio se dá por financiamentos ou doações. Existe um programa também especialmente destinado a explorar as potencialidades do CAD/CAM.

O FMS tem sido instalado no país na produção de turbinas, circuito impresso para o setor de telecomunicações, sapatos e equipamentos de construção.

13.5 - Tchecoslováquia

O governo definiu 10 programas de P&D relacionados à produção de máquinas e equipamentos para FMS. Paralelamente ao P&D existem grupos que se responsabilizam em acompanhar os resultados relacionados à operação dos FMS já instalados bem como estabelecer programas de formação de especialistas.

Para os projetos pilotos de instalação de FMS o governo banca 50% do investimento.

Tem atuado desde 1973.

A partir de 1981 criou um programa para desenvolvimento de robôs e manipuladores tendo já instalado cerca de 3.000 e pretendendo chegar a 13.000 em 1990.

13.6 - Alemanha Ocidental

Criou um programa especial para Automação Industrial em 1980 tendo despendido até 1983 DM 250 milhões em doações a universidades, institutos de pesquisa ou firmas individuais. Estas últimas tem recebido normalmente até 50% do custo do investimento enquanto as universidades até 75%.

Paralelamente foi lançado um programa para fomentar investimentos que melhorassem as condições de trabalho. Neste contexto foram alocados DM 700 milhões sendo que DM 100 milhões destinavam-se à robótica.

Grande número de aplicações (3/4) foram dirigidas a médias empresas.

As atividades de pesquisa são coordenadas pela German Research Association que estabeleceu 5 programas especiais de pesquisa básica para Robótica, CAD, FMS, Controle de Processos e dinâmica de máquinas.

Através de 25 institutos de pesquisa o governo dá apoio para P&D.

Em 1984 o governo criou uma estratégia para promover o desenvolvimento tecnológico nos vários segmentos do Complexo Eletrônico.

As ações somam recursos da ordem de DM 3.000 milhões para o período 1984-1988.

13.7 - França

O Estado em conjunto com a indústria estabeleceu programas de pesquisa para o desenvolvimento de FMS nas seguintes áreas:

- Sistemas flexíveis com robôs;
- componentes para robôs e máquinas voltadas à automação;
- controle de qualidade;
- impactos sociais gerados pela automação;
- robôs mais complexos, sob encomenda.

O programa de pesquisa cobre os seguintes segmentos:

- têxtil e confecções;
- máquinas-ferramenta;
- indústrias de processos contínuos;
- construção naval;
- agricultura.

A idéia é utilizar projetos-piloto que serão testados na indústria, exigindo a interação do fornecedor do sistema, do usuário e de centros de tecnologia aplicada. São priorizados projetos que tenham larga aplicação industrial, elevado conteúdo tecnológico e contenham um exame a respeito dos problemas sociais que venham a surgir com a implantação de novas técnicas.

13.8 - Hungria

Com uma participação ativa e centralizada do Estado que subsidiou o investimento em FMS de até 50% do custo em quatro grandes indústrias usuárias.

O ministério da indústria promove e coopera financeiramente para P&D de módulos de FMS, instalação do mesmo e fase de adaptação do sistema pelo usuário. Quando começa a operar, uma parcela do investimento é paga de volta durante um certo período para compor um fundo destinado a novos investimentos de automação.

13.9 - Itália

O governo iniciou em 1983 um programa com 5 anos de prazo para P&D em FMS num valor estimado de £ 14 milhões. Basicamente orientado por produtores de MF, usuários e universidades, enfocando:

- Componentes de FMS;
- Microeletrônica, sistema de informação e software p/FMS;
- tecnologias baseadas em FMS;
- desenho de uma planta-piloto.

13.10 - Japão

Iniciou mais cedo, segunda metade anos 60. O MITI estabeleceu um programa e desde então colocou 20 projetos em operação tendo gasto até 1983 cerca de 150 bilhões de yens.

A prioridade foi:

- Áreas necessitando urgente desenvolvimento tecnológico/modernização industrial e que determinem um impacto tecnológico no avanço industrial;
- áreas onde não atraem o investimento privado;
- projetos que tenham metas bem definidas e pragmáticas;
- áreas onde haja o trabalho de cooperação entre universidade e indústria.

Existiu também um projeto para FMC (FMS que envolve laser) até 1984 envolvendo três institutos de pesquisa e 20 maiores indústrias de MF e computação no Japão.

O programa do MITI definia 30 áreas de apoio. Propunha o desenvolvimento de sistemas modulares que pudessem atingir uma ampla variedade de processos industriais e mais ainda, desenvolver aplicações laser, conformação/deformação de metais, montagem e inspeção processadas em tempo real.

Nos inícios de 80 o programa havia já atingido suas metas e foi implementada uma planta-teste de FMC em Tsukuba Science City.

Subsídios fiscais foram implantados temporariamente nos anos 80 como depreciação acelerada. Além de juros privilegiados concedidos pelo Japan Development Bank para o Japan Industrial Robot Leasing Company Ltda, uma joint-venture formada por 66 fabricantes de robôs, 17 companhias de seguro e 7 firmas de leasing.

Em 1982 foi estabelecida a Mechatronics Investment Promotion Tax System for Small Business, através desta lei pequenos investimentos na mecatrônica (mecânico + eletrônico) poderiam contabilizar uma depreciação em até 30% a.a.

13.11 - Noruega

Programa de apoio apenas para o usuário do FMS.

13.12 - Suécia

Existe um órgão, o STU, pertencente ao Ministério da Indústria que prevê recursos para o FMS visando principalmente junto com a universidade desenvolver:

- CAD/CAM;
- laser;
- automação de máquinas-ferramenta.

Como apoio externo, participa de organizações internacionais de pesquisa como o National Science Foundation (NSF), CAM-I e International Institution for Production Research (CIRP).

Paralelamente faz joint-venture com a indústria para pesquisa enfatizando o controle da manufatura por computador.

Outro órgão, o National Swedish Industrial Board (SIND) promove a difusão do FMS através de doações a médias empresas para serem utilizadas como pioneiras e repassar em contrapartida os resultados e sucessos adquiridos para outras empresas.

Em 1984 o governo propôs a dez agências governamentais um programa com ação coordenada que envolvesse as seguintes principais áreas de Informática: microeletrônica, sistemas, comunicação.

Valor: 3.8 bilhões coroas suecas.

13.13 - Inglaterra

Existem também programas definidos de apoio à microeletrônica, software, CAD/CAM, fibras óticas e robótica com verba específica para cada.

A partir de 1985 criou programa de apoio ao FMS no valor de £ 300 milhões.

13.14 - Estados Unidos

Os programas de P&D e de apoio à difusão da microeletrônica na indústria são liderados pelo Department of Defense, National Science Foundation (NSF), National Bureau of Standards, National Research Council e National Aeronautics and Space Agency (NASA). Um dos objetivos está em além da difusão tecnológica, procurar uma melhora na qualidade e custo dos bens e serviços demandados pelo governo.

Desde os anos 60 existem programas definidos para modernização e automação da manufatura.

P&D para a indústria de robôs tem recebido consideráveis somas do Departamento de Defesa.

Entre 82 e 83 o fundo cresceu de US\$ 26.7 milhões para US\$ 44 milhões. Uma das pesquisas nos robôs tem sido para furação, inspeção e reparo e "plasma spray-coating" na manufatura de aeronaves.

As empresas participam também nos fundos de financiamento à P&D (predominante as grandes).

Um grande número de universidades possui centros de pesquisa na área de FMS, Robótica e CAD/CAM. Esses centros são fundados pelas próprias universidades ou em conjunto com o NSF, outros órgãos do governo ou indústrias. O NSF geralmente participa na fase de formação do Centro de Pesquisa. Este, uma vez consolidado é mantido praticamente pelas indústrias.

Fonte: ONU-ECE. Recent Trends In Flexible Manufacturing.

14 - AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL NO BRASIL.

Conforme já foi apresentado na estrutura do Complexo Eletrônico no Brasil, o mercado de Automação Industrial tem uma participação muito reduzida. Mesmo em termos absolutos, quando representou um mercado em 1988 de US\$ 379 milhões, significa em termos gerais que o parque industrial brasileiro além de não estar se ampliando, não se engajou no processo de modernização e automação nos níveis que vêm ocorrendo nos países industrializados. Não obstante, as taxas de crescimento no segmento de A.I. tem sido elevadas, em torno de 25% anuais e deverá ter nos próximos 5 anos uma participação maior em termos de mercado do CE. Existem ainda uma série de fatores inibidores quanto à maior difusão da automação industrial no país.

Não há ainda por parte dos empresários uma conscientização quanto aos benefícios que uma automação bem planejada pode trazer, não somente para a indústria, mas para

qualquer outro setor de atividade. Predomina ainda o conceito da vantagem comparativa da mão-de-obra, principalmente quando se trata de produção voltada ao mercado interno, onde os padrões de qualidade são ainda baixos se comparados aos das sociedades mais industrializadas.

A título de exemplo temos as grandes montadoras no país que, apesar de se constituírem aqui nos principais usuários de equipamentos de automação, não vêm modernizando e automatizando suas linhas de produção no nível que está ocorrendo com suas filiais no exterior. A introdução de robôs tem sido bem aquém das expectativas (utilizados para linhas de carros-exportação) e não existe integração da manufatura nem FMS. Outro fator desmotivante seria a pressão que os sindicatos exerceriam caso houvesse uma automação mais substantiva e que inevitavelmente causaria um grande número de demissões na área produtiva. Adicionalmente, as limitações da oferta nacional de equipamentos/sistemas de A.I. levam as montadoras a postergar seus investimentos, quando não conseguem importar os sistemas que suas filiais no exterior utilizam, muitas vezes de fabricação própria. Vale dizer, que o papel que esta mesma indústria vem tendo no exterior no sentido de criar capacitação tecnológica e desenvolver fornecedores de sistemas para automação da manufatura não ocorre semelhantemente aqui no Brasil. O que vemos neste sentido é uma falta de articulação entre fornecedor e usuário, que se estende a vários outros segmentos, com exceção das grandes indústrias de processos quando a interação tem outro mecanismo de feedback tecnológico.

Pela razão também de estar voltada ao mercado interno as indústrias do CE brasileiro são muito pouco automatizadas, a grande maioria das inserções de componentes nas placas são tarefas manuais e o que mais existem, são sistemas automatizados para teste de placas. As tarefas de montagem são intensivas em mão-de-obra não encontrando ainda estímulos suficientes para se utilizarem robôs. Setores mais tradicionais como têxtil, calçados ou alimentos também apresentam um nível de automação muito reduzido.

As indústrias do setor metal-mecânico são os principais usuários de MFCN e sistemas CAD e vem de forma ainda lenta integrando os sistemas de automação.

As indústrias de processo, particularmente as grandes empresas do setor químico e petroquímico e papel e celulose tem se revelado como os maiores usuários de equipamentos/sistemas de automação através dos grandes projetos de expansão e modernização nestas indústrias.

A tabela 8 apresenta a demanda de 1988 e a projetada para equipamentos/sistemas e serviços de automação revelando os principais usuários no período 1988-1992. Baseia-se em modelo econométrico e métodos estatísticos desenvolvidos pela Interbusiness Consultoria Empresarial. Foi considerado em relação às empresas o patrimônio líquido, a rentabilidade média, o impacto da automação, a lucratividade em cada setor usuário, o nível de exportações, a proporcionalidade técnica entre investimentos de A.I. e totais, as expectativas de retorno de

investimento e projeções de crescimento do patrimônio líquido, conforme antecedentes históricos.

Tabela 8

Demanda Total, por Setor Usuário, de Equipamentos e
Serviços em Geral, de Automação Industrial

6
US\$ x 10

Setor Usuário	1988	1989	1990	1991	1992
Agroindústria	29,02	36,24	53,50	83,09	105,46
Cimento, Cerâmica e Vidro	6,75	12,13	14,78	19,50	24,80
Eletroeletrônico	30,52	50,50	58,16	75,36	92,20
Geração/Distribuição de Energia Elétrica	11,96	15,08	22,57	35,20	45,06
Metal-Mecânico	114,58	153,15	195,79	263,02	445,53
Papel & Celulose	28,19	28,68	40,79	53,30	65,97
Petróleo e Petroquímica	104,95	129,77	184,77	283,85	352,00
Plástico e Borracha	15,27	16,53	19,16	25,52	44,62
Química e Prod.Derivado	21,69	36,94	44,76	59,06	74,79
Siderurgia	18,27	20,12	43,33	67,72	86,98
Têxtil e Vestuário	5,40	11,23	13,84	18,07	22,47
Transporte	6,00	9,00	13,68	19,53	27,57
Mineração	7,91	7,91	9,45	12,39	15,54
Metalurgia	6,12	10,92	15,14	20,13	25,83
Não Ferrosos	7,40	7,64	13,74	19,72	24,64
Serviços Públicos	7,58	10,44	17,14	27,05	35,39
Construção	5,28	10,74	14,13	18,48	23,02
Editorial e Gráfica	1,74	3,52	4,25	5,57	6,95
Armazenagem	1,18	2,05	2,78	3,73	4,83
TOTAL	429,81	572,59	781,76	1110,29	1523,65

Fonte: Interbusiness Consultoria Empresarial - Estudo Setorial de Mercado Brasileiro de Automação Industrial (41).

A diferença entre a demanda total aí calculada de US\$ 429,81 milhões para o ano de 1988 e o valor estimado neste estudo, de US\$ 374 milhões com base nas informações da ABCPAI e SOBRACON, é resultado dos diferentes critérios de classificação utilizados. O importante porém é constatar a liderança dos setores metalmeccânico e petroquímico enquanto usuários e o crescimento previsto de equipamentos e serviços de A.I. nos setores de Geração e Distribuição de Energia Elétrica, Siderurgia, Transportes e Serviços Públicos. Estes setores naturalmente dependem da capacidade de Investimentos do Estado e portanto, tem uma demanda reprimida.

No tocante à oferta destes equipamentos/sistemas para A.I., ela é dominada por empresas nacionais, sob proteção da SEI, um fato inédito para a maioria dos países em desenvolvimento. Estas empresas entretanto, face à carência de recursos humanos, técnicos e financeiros que, aliada à cultura do empresariado nacional pouco disposta em criar capacitação tecnológica, não tem condições de acompanhar o rápido avanço que vem ocorrendo no exterior. Consequentemente conseguiu-se, face a alguns esforços, atingir-se autonomia apenas no desenvolvimento e produção de sistemas menores, mais simplificados e que são exatamente aqueles com maiores condições de difundir-se pela nossa indústria.

Quanto aos sistemas de maior porte, mais sofisticados, tais empresas são fortemente dependentes dos acordos de transferência tecnológica com o parceiro externo e a nacionalização dos sistemas é muito reduzida.

As empresas nacionais vem procurando estrategicamente consolidar-se via especialização em alguns segmentos e que envolvam através de software soluções dedicadas, muitas vezes peculiares à processos de produção locais e inviáveis portanto de serem importadas. Tais estratégias tem sido implementadas com êxito pelas empresas de pequeno e médio porte nos países avançados.

Uma deficiência no tocante à oferta destes equipamentos para A.I. é a ausência de esforços para padronização das interfaces e que dificultará num futuro próximo a integração dos equipamentos para constituir redes locais.

Outro problema limitador é a inexistência de uma estrutura adequada para fornecer aos fabricantes de equipamentos de Automação Industrial componentes de mecânica de precisão e mecânica fina.

Um foco de debate importante tem sido em relação à Nova Política Industrial, traçada em meados de 1988, quando frente a uma maior liberalização das importações e redução de tarifas, os fabricantes nacionais de máquinas e equipamentos vêm argumentando que para se tornarem competitivos necessitam importar os insumos referentes à parte eletrônica dos equipamentos como os CNC por exemplo, dados os custos superiores e qualidade inferior do produto nacional. Daí, a nova Política Industrial, apesar de ser com boas intenções e "Perestroykiana", na prática traz uma série de conflitos que precisam ser negociados.

É importante mencionar que o avanço nas tecnologias de gerenciamento da produção (just-in-time e kan-ban) liderado pelos japoneses, conforme foi mencionado, não têm sido incorporados pelas manufaturas no Brasil, com exceção de algumas poucas experiências que vem sendo realizadas e de algumas multinacionais. Na medida em que estas novas técnicas são às vezes mais importantes que o próprio investimento em automação, ou no mínimo condições necessárias para sua real eficácia, sua não utilização compromete ainda mais a competitividade da indústria brasileira.

Vale dizer que, apesar da carência de recursos humanos devidamente treinados para operar nestes novos ambientes de trabalho, desde a gerência até o operário, é de reconhecimento geral o perfil multidisciplinar do trabalhador brasileiro, uma característica essencial nestas novas formas de organização industrial e como bem notou o prof. Ernani Teixeira (IEI/UFRJ), o devido treinamento pode alavancar a produtividade na nossa indústria.

A tabela a seguir mostra os principais segmentos deste setor, com respectivos faturamentos.

Tabela 9

Faturamento conforme Principais Segmentos

6
Em US\$ x 10

	1986	%	1987	%	1988	%
SDCD	28	11	32	10	35	9,2
CP	27	11	41	14	50	13
CN/CNC	22	9	32	10	27	7
CAD/CAM	12	5	18	6	36	9,5
Robótica	3	1	6	2	2	0,5
Testes	18	7	25	8	34	9
Engenharia	61	25	68	23	90	23,8
Outros CP (1)	71	31	75	27	105	28
Total	242	100	297	100	379	100

Fonte: Compilação de dados da ABCPAI (Associação Brasileira de Controle de Processos e Automação Industrial) e SOBRACON (Sociedade Brasileira de Comando Numérico).

(1) Outros equipamentos para Controle de Processo: Controladores de Demanda (CD), Single Loop (SL), Multi-loop (ML), Sistemas de Controle e Aquisição de Dados (SCADA) e Computadores de Processo (CPR).

Conforme pode se verificar, as taxas globais de crescimento são elevadas, 26% e 22% nos períodos 88/87 e 87/86 respectivamente. Se incluirmos nesta relação o faturamento relativo a MFCN, acrescentamos mais US\$ 187 milhões para 86, US\$ 197,7 milhões para 87 e US\$ 223,6 milhões para 88 elevando o faturamento neste último ano para US\$ 597,6 milhões.

O segmento de CAD/CAM tem se revelado, a exemplo do panorama internacional, um dos mais promissores, resultado de uma demanda contida no início pelos preços elevados e oferta limitada e que diante da flexibilização da política industrial e da regulamentação da lei de software encontra uma oferta mais ampla de sistemas CAD e com preços acessíveis pela ampliação de sistemas de pequeno porte baseados em micros.

Os produtos/sistemas para controle de processo, pela sua ampla faixa de utilização (eram 47 tipos em 87) e seu caráter modular representam os equipamentos mais difundidos destacando-se os Single-Loop (SL) e Multi-Loop, próprios para o controle de variáveis analógicas.

Por outro lado, no segmento de Robótica o crescimento negativo no último ano reflete as próprias condições do mercado brasileiro cuja prioridade tem sido sistemas de automação de baixo custo e fácil operação. As encomendas esperadas da Indústria Automobilística não ocorreram, desapontando os fabricantes nacionais dos robôs.

O número de empresas ofertantes de produtos/sistemas tem se elevado a cada ano, principalmente no tocante àquelas que utilizam tecnologia própria (ou copiada) para oferecer produtos simples e a preços competitivos. Assim, um levantamento da SEI chegou a 45 empresas que até 1987 possuíam unidades instaladas de seus produtos no país.

Se a grosso modo classificarmos os equipamentos SDCD e os CP na categoria Controle de Processos e os CNC, Robôs, CAD/CAM e Equipamentos de Teste na categoria Automação da Manufatura, veremos que no tocante ao mercado global de equipamentos em 88 (exclui portanto Engenharia) aproximadamente 66% eram voltados para a 1ª categoria. Tal situação deve permanecer nos próximos 3 anos ou até aumentar mais a participação face aos planos de modernização e expansão previstos nas indústrias dos setores químico e petroquímico, papel e celulose.

Vale mencionar ainda que os equipamentos periféricos tais como Plotters, Mesas Digitalizadoras, Terminais Gráficos e Semi-gráficos apesar de não terem sido explicitados pelas fontes ABCPAI e SOBRACON, representaram em 88 um mercado de US\$ 10,5 milhões e segundo pesquisa da InterBusiness Consultoria Empresarial as empresas nacionais tem capacidade para oferecer periféricos gráficos para a maioria das aplicações.

A seguir apresentamos sucintamente, as características de cada segmento:

1 - MFCN

As MFCN começaram a se difundir no Brasil no período do milagre quando importou-se muitas destas máquinas. A partir da 2ª metade da década de 70, quando iniciou-se, com incentivo do governo, o período de substituição de importações na indústria de Bens de Capital, realizaram-se investimentos para produção de MFCN no país, algumas empresas alemãs vieram

atraídas pelo mercado, produzindo MFCN de maior porte principalmente centros de usinagem.

Após 1980, a taxa anual de crescimento da base instalada de MFCN, apesar do início do período recessivo, tornou-se bastante elevada, passando de 94 unidades naquele ano para 473 unidades em 1985 e 742 unidades em 1988. Mesmo assim os números são inexpressivos se comparados aos do mercado internacional.

A tabela 2 por exemplo, embora inclua MF convencionais, mostra a participação tímida do Brasil frente aos cinco maiores produtores e nos leva a crer que esta participação deve ainda ser menor se considerar-se apenas MFCN.

Os maiores usuários compreendem as indústrias do setor metal-mecânico. Destacam-se automobilística/autopeças, mecânica em geral (Bens de Capital seriados e Bens de Capital sob encomenda), armamentos e aeronáutica (EMBRAER). Apesar do crescimento relativo nas pequenas e médias empresas, na demanda por MFCN, a difusão maior se dá ainda por empresas grandes, geralmente subsidiárias de empresas estrangeiras e aquelas voltadas à exportação.

Quanto à estrutura de oferta, caracteriza-se por um elevado grau de concentração e forte participação do capital estrangeiro alemão, apesar da liderança das empresas nacionais. São empresas com elevado grau de verticalização e as empresas nacionais mais expressivas são Romi e Nardini, seguidas das estrangeiras Wotan, Thyssen-Hüller e Heller.

As estrangeiras lideram na faixa de grande porte, produzindo centros de usinagem mais complexos chegando a ter 100 ferramentas e DNC (Comando Numérico Direto) para gerenciar várias máquinas.

As empresas nacionais, embora com produtos menos sofisticados e mais dedicadas à produção de tornos e fresadoras CN, evoluíram bastante através da incorporação dos CN às suas máquinas, com designs mais compactos e com maior performance e precisão.

A Romi por exemplo, está implantando uma unidade para fabricação de MFCN em ambiente controlado e, segundo a direção da empresa, somente quatro empresas do setor no mundo tem este tipo de ambiente. Além disso é a única empresa nacional que produz o CN destinado às suas máquinas-ferramenta.

Apesar das dificuldades do setor mecânico nos últimos 2 anos, a indústria de MFCN continuou crescendo com faturamento de US\$ 223,5 milhões em 88 apresentando taxas de 13% e 4,5% nos períodos 88/87 e 87/86 respectivamente. Vale lembrar entretanto, que houve retração no volume de vendas em 88 mostrando na realidade um aumento no preço médio dos equipamentos com a chegada de modelos mais sofisticados.

Quanto à oferta de CNC, a SEI a partir de 1982 criou reserva de mercado para a fabricação nacional através de compra com tecnologia estrangeira. Hoje as empresas nacionais atingiram estágio de independência tecnológica na produção de CNC para pequeno porte e vem procurando explorar mais este mercado dada a sua maior potencialidade de difusão. Tais empresas buscam atualmente aumentar a lucratividade agregando a venda de software dedicados e alguns periféricos. A tabela a seguir mostra as empresas, cabendo à Maxitec em 1987 a liderança onde obteve 35,6% da base instalada.

Tabela 10

Empresas Fabricantes de CNC

Empresa	Tecnologia	Quantidade Instalados Em 31.12.87
Maxitec	Siemens	754
Rom1	Allen Bradley	568
Digicon	Mitsubishi	166
CTL	Heidenhain e Nac.	81
MCS	Nacional	480
Zselics	Nacional	71
TOTAL		2.120

Fonte: SEI.

Atualmente existe um outro forte competidor a ALTUS, que oferta um CNC com tecnologia própria para o segmento de menor porte, seu CNC, de arquitetura semelhante ao SINUMERIK 3 da MAXITEC, vem se fortalecendo no mercado pelo menor preço.

O total instalado de 2.120 CNCs nacionais no ano de 1987 revela um crescimento elevado desde 1984, quando havia pouco mais de 200 unidades. Vale dizer entretanto que as taxas anuais de crescimento tem sido menores que as do período inicial.

2 - Robôs

Os primeiros robôs aqui instalados, foram importados em 1983 e destinavam-se à indústria automobilística.

O fraco desempenho deste segmento, muito aquém das expectativas confirma a pouca disposição dos empresários em investir aqui no Brasil em tal equipamento que, além de serem caros, exigem pessoal qualificado para que sejam operados.

O principal mercado continua sendo a indústria automobilística e deverá permanecer ainda até finais dos anos 90. Praticamente a única utilização aqui difundida é solda e levará ainda tempo para que sejam utilizados nas tarefas de montagem ou inspeção como vem ocorrendo nos países industrializados. A principal razão apontada, mesmo pelas multinacionais que tem capital suficiente para investir, é o custo barato da mão-de-obra. Além disso o sindicato dos metalúrgicos (onde seria o mais prejudicado) pressionaria contra qualquer medida mais drástica de automação com substituição de mão-de-obra.

A tabela a seguir apresenta a evolução do mercado brasileiro em unidades.

Tabela 11

Mercado Brasileiro de Robôs

	(unidades)
Até 1985.....	26
1986.....	33
1987.....	28
1988.....	12
Total.....	99

Fonte: Sobracon
Inclui importados.

Como se vê, há uma queda contínua no número de unidades deste 86. As empresas nacionais tiveram em 88 um faturamento total de US\$ 2.085.000,00 com 59,12% de decréscimo em relação ao ano anterior.

As fabricantes de robôs propriamente ditos (Programáveis) são a Villares, com tecnologia Hitachi, a DF Vasconcelos Automação e Robótica, com tecnologia da ASEA e que só entrou em 1988 no mercado, e a IPSO que iniciou vendendo duas unidades em 1987. Ao final de 1987 só haviam 5 unidades instaladas de robôs nacionais, 3 da Villares e 2 da IPSO.

O custo destas máquinas varia entre US\$ 60.000,00 e US\$ 250.000,00 e o índice de nacionalização estimado em 1988 foi de 40%. O total de 99 robôs instalados no país até 1988 representa somente um pouco mais de um quinto dos 470 robôs instalados na recente fábrica de automóveis nos EUA, construída pela associação Chrysler Corp. e Mitsubishi Motors Corp.

Além das empresas acima mencionadas que produzem robôs mais sofisticados, utilizando tecnologia licenciada e com projeto aprovado na SEI, existem outras empresas nacionais que produzem equipamentos mais simples, com características de sequência fixa, não sendo portanto rigorosamente robôs e a maioria utilizando tecnologia própria. São elas: EPP, BCM,

GCR, METRIXER e SERVUS. Neste caso, não se tratando de robôs universais destinam-se a aplicações específicas, geralmente operações para movimentação de materiais e carga/descarga de máquinas. Seu custo médio é de US\$ 55.000.

Pode-se concluir portanto, que não existe concorrência entre as empresas do 1º e 2º grupo sendo que no 1º, a capacidade de absorção tecnológica destas empresas e seu avanço ficou muito condicionado aos planos de modernização da indústria automobilística/autopeças e que ficou muito aquém das expectativas. Vale acrescentar que ambos os grupos tem reserva de mercado garantida pela SEI.

3 - CAD

Os sistemas CAD começaram realmente a invadir o mercado brasileiro em 1988 quando o segmento faturou US\$ 36 milhões crescendo 20% sobre o ano anterior. A maior demanda tem sido nos sistemas de menor porte, baseados em micros 16 Bits. O mercado, que até recentemente era destinado apenas a grandes usuários ligados aos setores automobilístico, aeronáutico, naval ou máquinas e equipamentos industriais, vem se difundindo no campo da eletrônica (para projeto de placas de circuito impresso), na arquitetura e construção civil. Estudos da Inter Business Consultoria Empresarial registram um salto no faturamento de US\$ 4,5 milhões em 85 para US\$ 38,3 milhões em 88 e projetam um crescimento anual na faixa de 35-40% até 91.

Não obstante, este mercado é ainda relativamente pequeno e uma causa importante disso é a dependência da indústria brasileira no tocante à importação de projetos já concebidos e detalhados no exterior. Isto torna a ferramenta do CAD desnecessária enquanto usada para inovações de produtos, projetos novos, etc. A baixa utilização do CAD na indústria de Bens de Capital confirma esta dependência.

Os avanços do CAD no Brasil tem se dado por duas importantes razões: 1) a busca dos fornecedores em conquistar novos clientes com a oferta de sistemas de menor porte, baseados em microcomputadores. Tal fato permite às empresas sem maior bagagem tecnológica iniciarem seu processo de modernização sem comprometer em custos elevados; 2) a flexibilização da SEI no tocante à importação das estações de trabalho, que são a base para se ter sistemas CAD com alta performance, independentes de mainframes.

A segunda razão apresentada, decorreu face à pressão dos usuários contra a política de reserva da SEI no segmento. De fato, os fornecedores nacionais não conseguiram acompanhar a rápida evolução tecnológica que se tem dado nestes sistemas no panorama internacional, basicamente EUA. A SEI viu-se obrigada então a rever sua política neste segmento e o primeiro passo foi autorizar a importação direta de sistemas CAD, pelo usuário (principalmente multinacionais do setor automotivo), ou via representantes. Merecem destaque os sistemas IBM e Computervision que inclusive haviam sido excluídos do mercado por não terem feito acordo de transferência de tecnologia logo

que a SEI havia estendido em finais de 84 a reserva de mercado neste segmento. A SEI vem forçando entretanto que estas importações passem a se dar através de acordos do fornecedor estrangeiro com empresas nacionais, envolvendo transferência tecnológica.

Diante deste fato vem se configurando uma nova estrutura de oferta, mais diversificada e com sistemas CAD mais modernos acompanhando os lançamentos mais recentes lá fora. E, na medida em que o software vem se tornando independente do hardware, os fornecedores nacionais vem buscando parcerias no exterior que envolvam fornecimento de estações de trabalho e software, não necessariamente as mesmas, o quadro a seguir apresenta as principais empresas e as possibilidades quanto à configuração dos sistemas fornecidos, face às negociações que vem ocorrendo, e às tendências no mercado internacional.

Principais Empresas Fornecedoras de Sistemas CAD

Empresa	Sistema
Sisgraph	Sistema todo da Intergraph (hardware + software)
Multicad	Software da Calma(1) e estações Apollo, com perspectivas de utilizar estações Digital, Sun, Data General e software da Structural Dynamics Research Cooperation, para modelagem sólida.
Compugraf	Estações da Digital podendo utilizar no futuro estações da Sun. Software Euclid da empresa francesa Matra.
Arthur Donato	Software da Autokon, empresa norueguesa e destinado ao projeto de navios. Não pode rocar em estações de trabalho independente precisando suporte de computadores mainframe.
Edisa/Tesis(2)	Sistema todo da HP (poderão ser incluídas no futuro estações da Apollo (3)).
Villares	Parceria com IBM na importação do sistema todo. Possibilidades para integrar software da CADAM em estações Prime, Apollo ou Sun e acordo com a Hitech para software na área de CIs.
Comicro	Utiliza micros nacionais com o software Versacad da T&W dos EUA. Porém, após contrato com a Prime, que adquiriu recentemente a Computer-vision e a Calma, vem atuando neste mercado de maior porte utilizando estes sistemas.
Scopus	Estação de trabalho SUN.
Itautec	Hardware (micro) próprio e software próprio ou importado da Cadtec para arquitetura, engenharia e construção.

(1) ex-subsidiária da GE e que foi adquirida pela Prime.

(2) foi absorvida pela EDISA.

(3) incorporada pela HP.

Pela configuração acima, a oferta abrange sistemas CAD de portes diferenciados, podendo ser sistemas baseados em mainframe, estações de trabalho independentes ou micros. Além disso sustentada em acordos tecnológico e importações de sistemas, com algumas exceções na área de micros. Neste último caso, muitos integradores, desenvolvendo software para aplicações específicas vem entrando no mercado atraídos pela sua potencialidade. Podemos cotar desde empresas pequenas como a Datanav, Ezydata, Mega ou Promacon até a Proceda mostrando uma

estrutura de oferta em que convivem empresas de portes diferenciados. Por outro lado, na faixa de maior porte as empresas pertencem a grupos empresariais geralmente com atuação prévia em algum segmento do Complexo Eletrônico.

A tabela 12 apresenta a quantidade de sistemas CAD instalados até dez/87 mostrando uma liderança da Sisgraph no segmento de maior porte e da Itautec, seguida da Comicro nos sistemas baseados em micros. Esta configuração entretanto tende a mudar frente aos novos acordos de parceria, particularmente com a entrada Villares/IBM e Scopus no mercado.

Tabela 12

Estações de Trabalho CAD/CAM

Quantidades instaladas até dez/87.

	Porte	Quantidade
Itautec	PC-XT	233
Comicro	PC-XT	218
Sisgraph	Estações 32 bits	102
IBM	Estações 32 bits	58
Outros		86

Fonte: SEI.

4 - CPs e SDCD

4.1 CPs

Os Controladores de Processo representam o segmento que maior sucesso teve no tocante à capacitação tecnológica das empresas nacionais e à difusão do produto pela indústria. São conseqüentemente os que têm maior capacidade instalada, tendo alcançado em dez/87 a quantia de 12.000 unidades e crescido 950% sobre 84 quando haviam apenas 1.119 unidades (SEI).

A reserva de mercado para CPs foi formalizada em 1983 e a SEI aprovou a contratação de tecnologia externa, atuando como nos demais segmentos citados, na seleção das empresas nacionais interessadas.

As razões mais relevantes deste sucesso estão ligadas aos seguintes fatores: modularidade, permitindo expansão gradual, custos mais baixos em relação a painéis de relés, e a melhoria de confiabilidade e flexibilidade no processo.

As indústrias de processos contínuos são das mais antigas usuárias de CPs, incluindo em suas plantas vários equipamentos que foram importados. Entretanto sua participação

neste mercado vem caindo, pois os SDCDs de lançamento mais recente são mais indicados para seu uso face à complexidade do controle nas plantas. Mesmo assim estas indústrias são fortes demandantes de CPs de grande porte, no caso, destinados a plantas menores ou a controles específicos onde não seja necessário instalar um SDCD. Vale acrescentar, que apesar de ter ocorrido uma evolução mais rápida na venda de CPs de menor porte, os CPs de maior porte são e devem continuar representando a maior fatia do mercado (ver tabela 13).

Por ordem decrescente de importância na demanda por CPs na ind. de processos contínuos (ver tabela 14) temos os setores: siderúrgico e metalúrgico, químico e petroquímico, papel e celulose e finalmente, cimento, cal e vidro. Como muitas estão sob forte influência do governo, a atitude do mesmo frente aos programas de modernização nelas envolvidos repercute na demanda por estes equipamentos.

A indústria de processos discretos ou também da manufatura é a que apresenta maior incidência no uso de CPs tendo atingido 81% do mercado em 86. Nela existe uma grande variedade de indústrias que convivem sob concorrência acirrada necessitando portanto, se modernizar para aumentar a competitividade. A demanda maior é por CPs de menor porte, destinados a todo tipo de aplicações: transporte/carga-descarga; estamperia, máquinas operatrizes(1), controle de pintura, teares, injetoras plásticas, etc.

Tabela 13

Evolução de CPs por Categoria de Produto

US\$ Mil

	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Pequeno porte	951	2471	3891	1.1601	1.3681	1.7671	2.2801	2.964
Médio porte	13.7201	3.9201	6.4821	13.6601	13.8401	16.1251	21.5201	29.155
Grande porte	15.7171	9.8701	15.1001	24.6401	30.7741	44.6671	56.4401	69.625
Controlador de demanda	881	1921	4021	9501	1.6801	3.1851	5.8801	8.855
TOTAL	19.6201	14.2291	22.3731	40.4101	47.6621	65.7441	86.1201	110.599
Evolução % anual sobre o ano anterior		47,9	57,2	80,6	17,9	37,9	31,0	28,4

Fonte: Schlochauer e Associados (57).

Notas: . Os valores apresentados excluem os serviços de engenharia e projeto.

. Considerou-se em todos os casos o valor dos equipamentos "a vista", pago pelo usuário.

. Os dados de 87 a 90 foram projetados.

(1) O aumento na demanda por MFCN repercute no uso de CPs pois estes complementam em muitos casos o CNC.

Tabela 14

Evolução do Mercado de CPs por Setor Usuário

Em US\$ Mil

Segmento	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
PROCESSO	1.930	2.516	3.754	7.550	11.941	18.059	23.841	31.588
. Química e Petroquímica	502	788	1.840	3.521	4.675	6.356	7.711	9.199
. Siderurgia e Metalurgia	454	735	1.245	3.162	6.059	10.058	14.137	19.948
. Cimento, Cal e Vidro	640	465	330	407	463	607	729	839
. Papel e Celulose	142	216	230	293	409	598	740	1.041
. Outros	192	312	109	167	335	440	524	561
MANUFATURA	7.960	11.711	18.605	132.843	35.618	47.627	62.194	78.893
. Automotiva	4.199	5.892	8.448	110.986	13.617	19.200	25.332	32.499
. Equip ^o eletroeletrôn. e mecânicos (1)	2.112	3.052	4.320	5.647	7.144	10.424	13.804	17.453
. Alimentos, higiene e farmacêutico	284	405	617	790	1.220	1.578	2.153	2.955
. Plástico e Borracha	679	1.384	3.863	113.396	10.487	12.362	15.699	19.466
. Outros	686	978	1.355	2.024	3.150	4.063	5.206	6.520
SERVIÇOS	-	2	6	16	103	58	85	118
. Transporte e tráfego (2)	-	-	-	8	80	15	15	30
. Energia elétrica	-	-	-	-	12	15	19	23
. Editorial e gráfica	-	-	-	-	-	14	35	42
. Saneamento	-	2	6	8	11	14	16	23
TOTAL	9.620	14.229	22.373	140.410	47.662	65.744	86.120	110.599

Fonte: Schlochauer e Associados (57).

(1) Somente como usuários finais. CPs adquiridos por empresas desse setor para inclusão em seus produtos, são computados nos respectivos segmentos usuários finais.

(2) Não inclui controlador de tráfego urbano.

(3) Os dados de 1987 a 1990 foram projetados.

Obs.: Além dos CPs propriamente ditos estão aí incluídos os controladores de demanda.

As montadoras, pioneiras no uso de CPs já nos anos 60, constituem seus mais expressivos representantes.

No tocante à estrutura de oferta, há uma pulverização, com cerca de 15 fornecedores. Entretanto tem ocorrido uma tendência à concentração e de acordo com pesquisa da InterBusiness os três principais fabricantes: Metal Leve; Sistema e Maxitec, detêm 68% do mercado e utilizam na oferta de CPs de médio e grande porte tecnologia externa.

A tabela a seguir apresenta os fabricantes, sua participação e a tecnologia utilizada.

Tabela 15

Principais Fabricantes de CPs

Fabricante	Tecnologia	Participação de Mercado (% em valor)
Metal Leve	Allen-Bradley	32,7
Sistema	Relience	25,4
Maxitec	Siemens	10,0
Atos	Própria	9,8
Altus	Própria	8,0
Engeletro	Gould	5,3
Indumatic	Própria	2,7
Digicon	Própria	2,5
Micronal	(ex-Issc)	1,8

Fonte: Interbusiness Consultoria Empresarial - Estudo Setorial do Mercado Brasileiro de Automação Industrial.

Existem ainda outros fabricantes nesta área menos expressivos como a WEG, que utiliza tecnologia da AEG para maior porte, a Chronos, Hengesystems, Pulse e Waltec, estas últimas com tecnologia própria.

Face à elevada concorrência na faixa de menor porte, houve uma queda mais elevada de preços que se aproximaram mais do preço internacional. As empresas procuram agregar serviços, principalmente software, para aumentar a lucratividade.

4.2 SDCD

Os Sistemas Digitais de Controle Distribuído deram seu grande impulso a partir de finais de 1988 quando negociaram-se contratos com grandes indústrias de processo. A necessidade urgente de modernização e ampliação da capacidade produtiva nos setores químico e petroquímico, siderúrgico e papel e celulose garantirá a demanda para o biênio 89/90. Estas indústrias, bem como outras na área de processos possuem pesados projetos de investimento, (vide tabela 16) com longos prazos de maturação, não sendo tão sensíveis à conjuntura econômica e sim mais ligados às metas governamentais de suprimento de insumos básicos.

Os fabricantes de SDCD, sob reserva de mercado criada pela SEI e com tecnologia licenciada do exterior para os grandes sistemas, participam de forte concorrência para conseguir um contrato de implantação do SDCD nas grandes indústrias, envolvendo às vezes três anos de negociação. Um elemento significativo, que determina a concorrência é o parceiro tecnológico e a atualização tecnológica da empresa fornecedora dos sistemas junto a este parceiro. A tabela 16 apresenta as cinco grande empresas que compraram tecnologia externa e alguns projetos de automação que no início de 89 elas negociaram junto aos grandes usuários.

Tabela 16

Principais Fornecedores de SDCD

Empresa Fornecedora do Sistema	Tecnologia	Empresa Usuária/Valor do projeto de automação
Unicontrol	Fisher	Aracruz Celulose - US\$ 12 milhões Replan - Refinaria do Planalto-SP (Petrobrás) - US\$ 10 milhões
Ecil P&D	Yokogawa	Refinaria Alberto Pas- qualini-RS (Petrobrás) - US\$ 10 milhões
Elebra Controles	Leeds	Replan - Refinaria Ran- dulpho-Ba (Petrobrás) - US\$ 10 milhões
DFVar	Asea Brown Boveri	Celpag - Companhia Guata- pará de Celulose e Papel - Votorantim US\$ 9,2 milhões
Villares	Honeywell	-

Fonte: Revista Automação & Indústria 4/89.

Somente estes projetos totalizam US\$ 51 milhões em encomendas o que mostra que empresas usuárias como a PETROBRÁS ou ARACRUZ CELULOSE podem afetar sensivelmente o mercado de SDCD e a participação das empresas.

Em 88, segundo pesquisa da Interbusiness Consultoria, foram comercializados 22 sistemas de grande porte no valor global de US\$ 65 milhões. Por outro lado, começam a surgir sistemas de pequeno e médio porte que podem cobrir uma demanda

mais diversificada e com investimentos unitários menores. Foram comercializados em 1988, 40 destes sistemas no valor global de US\$ 12 milhões, segundo a mesma fonte supracitada. Neste caso há soluções com tecnologia local e onde participam outras empresas com menor expressão no setor (ver tabela 17).

Tabela 17

Principais Fabricantes de SDCD

	Participação de Mercado (%)
Ecil P&D	34,1
Elebra	25,7
Unicontrol	18,0
Malc	4,5
PHT	4,5
D.F. Vasconcellos	2,7
Smar	2,6
Outros (eletrocontroles, Villares, Sisco, Weg, Prologo, Comsip, Esca, Ind'l, Eurocon- trol, IMS, Robotech, SFB, Taurus, CAD)	7,9

Fonte: Interbusiness Consultoria Empresarial - Estudo do Mercado Brasileiro de Automação Industrial.

Vale dizer ainda, que além dos CPs e SDCDs, existem outros produtos/sistemas ligados ao Controle/Instrumentação Digital e que representam um mercado relevante. Existem por exemplo, os controladores digitais de processo utilizados no trato de variáveis analógicas, os denominados single-loops (SL) ou multi-loop (ML) que são produtos de preço acessível às pequenas e médias empresas, que se interessem em introduzir a tecnologia digital mais moderna. Como exemplo de usuário temos os fabricantes de cerâmica, vidro, alimentos, metalurgia e química. Outros produtos são os Controladores de Demanda (CD), destinados ao controle de distribuição de energia, visando redução de custos e que são considerados prioritários para uso nas grandes indústrias e os Sistemas de Controle e Aquisição de Dados (SCADA) ligados a sistemas que incluem energia elétrica, transportes, telecomunicações, água, gás, extração de petróleo, etc.

15 - APOIO INSTITUCIONAL/GOVERNO NO BRASIL.

A SEI é o órgão do governo encarregado de executar a política de proteção e estímulo às indústrias nacionais ofertantes dos equipamentos/sistemas. Acompanha a nacionalização de seus produtos e regulamenta os acordos com parceiros externos. Além disso o CONIN (Conselho Nacional de Informática) formado por membros do governo, representantes da iniciativa privada e

instituições de pesquisa, discute a política no setor.

Nos finais de 1988 foi publicado pela SEI o Relatório da Comissão Especial nº 029 - Automação Industrial, onde se encontram Recomendações e Planos de Ação que compõem a proposta de um Plano Setorial de Automação Industrial para subsidiar a elaboração do II Plano Nacional de Informática e Automação - o PLANIN, para o triênio 1989 a 1991, a ser discutido no CONIN e aprovado pelo Congresso Nacional.

Participaram deste relatório, representantes de várias entidades e associações atuantes neste segmento e nas propostas mencionadas permanece a de proteção à Indústria Nacional ofertante. Além disso propõe-se uma revisão da Tarifa Aduaneira Brasileira para uma classificação mais detalhada dos produtos e insumos para melhor selecionar as alíquotas de importação sobre os produtos a serem importados.

No tocante às ações da SEI e das Comissões Assessoras, criadas para harmonizar os interesses e acompanhar a implantação da política no setor, nem sempre foram de forma coordenada e coerente.

A ABCPAI (Associação Brasileira de Controle de Processos e Automação Industrial) e a SOBRACON (Sociedade Brasileira de Comando Numérico) são os principais órgãos representativos da Indústria Nacional fabricante dos equipamentos/sistemas.

Quanto aos programas de apoio temos:

1) A FINEP, que possui programas específicos para projetos em Automação. Tem como objetivo, o desenvolvimento da ciência e tecnologia nesta área. Um denominado PAI - Programa de Automação Industrial e outro denominado PAMM (Programa de Apoio à Metal-mecânica). Inclui dentre outros, projetos de computação gráfica e CAD/CAM, CNC, Robótica, Sensores e Atuadores Digitais, processamento distribuído e integração da manufatura. Além disso, análise de impactos sócio-econômicos e projetos de normatização também estão previstos no programa.

2) O BNDES passa a dispor agora em seus programas operacionais de uma linha específica de apoio à Automação Industrial: o Programa de Reorganização e Automação Industrial. A partir das propostas contidas no estudo BNDES nº 8 (DEEST/AP-1988), relativo à indústria de Bens de Capital, a instituição iniciou o processo de amadurecimento da necessidade de se criar um programa de apoio específico.

O Programa subdivide-se em dois: um subprograma de Reorganização Industrial, que tem por fim apoiar projetos voltados à reorganização da manufatura, segundo os novos padrões, que vem sendo adotados nas manufaturas modernas, resultantes no sucesso do modelo japonês, do just-in-time. Outro subprograma é o da Automação Industrial da Manufatura para a implantação de processos de produção com base na tecnologia microeletrônica.

O primeiro na realidade é uma condição para se obter apoio no segundo, ou seja, sua idéia é que na manufatura a ser automatizada sejam criadas as condições necessárias de organização do processo produtivo para que se viabilize sua automação com a incorporação das novas máquinas ou componentes "inteligentes".

A seguir temos a descrição do programa pretendido:

1. Programa de Reorganização e Automação Industrial

Segmentos: - Aeroespacial,
- Automotiva,
- Confeccção,
- Têxtil,
- Calçados,
- Móveis,
- Autopeças,
- Naval,
- Máquinas e equipamentos,
- Eletroeletrônico,
- Armamento, e
- Componentes para Construção Civil.

1.1 Subprograma de reorganização da manufatura

Objetivo: apoio a projetos que visem a otimização da base produtiva instalada ou a ser instalada, através da reorganização do sistema de produção e gerenciamento.

Restrições: não serão apoiados projetos destinados à reorganização da produção na indústria de processos.

Itens financiáveis: avaliação, treinamento, capacitação de pessoal, reordenamento de "lay-out", introdução de novas formas de organização da produção e infra-estrutura necessária.

1.2 Subprograma de Automação Industrial da Manufatura

Objetivo: apoiar projetos de empresas que tenham adequada organização da produção e que visem a implantação de processos de produção com base tecnológica automatizada e integrada nos segmentos industriais manufatureiros.

Restrições: não serão apoiados projetos destinados à automação industrial de processos.

Itens financiáveis: investimentos fixos.

1.3 Modalidade de apoio

Direto e consorciado.

1.4 Condições financeiras

São as definidas abaixo:

- reajuste monetário: IPC.
- juros, prazo e participação - são as definidas no quadro a seguir e se aplicam também ao apoio do Programa Especial (Programa FINAME), para aquisição de máquinas e equipamentos:

Programa de Reorganização e Automação Industrial

Programa	Juros	Prazo Total	Partic. Máxima do
	Mínimos	até	BNDES + FINAME no
	% a.a.	(anos) (*)	Investimento (%)
Reorganização e Automação	8	7	60

(*) Se o projeto visar somente a reorganização industrial, o prazo total será de 4 anos.

A exclusão neste programa, de apoio à automação pela indústria de processos se explica pelo fato de não ocorrer neste caso, uma alteração do processo produtivo, já integrado. São conseguidas sim, como já foi explicado, melhoras no sentido de eficiência no processo, maior segurança e proteção ambiental, razões que tem sido suficientes para induzir as empresas do setor a automatizar o controle nas suas plantas.

Para as indústrias ofertantes de equipamentos/sistemas de A.I., além de estarem contempladas neste programa para automatizar seu processo de produção, podem também utilizar o Programa de Desenvolvimento Tecnológico, existente hoje nas Políticas Operacionais, para projetos de novos produtos, novas tecnologias, ou seja, para P&D.

16 - CONCLUSÕES

A intensificação da competitividade no cenário internacional, onde os grandes mercados se tornam cada vez mais exigentes na qualidade, preço dos produtos e diferenciação, tem conduzido as empresas a um permanente processo à modernização de suas unidades industriais. Deste modo a busca de maior eficiência e adequação às necessidades de mercado trazem à cena a

flexibilidade como uma necessidade, um novo desafio a ser alcançado.

Comparado ao ritmo de automação na indústria que vem ocorrendo nas grandes economias, o Brasil caminha a passos lentos, comprometendo sua competitividade e podendo levar o parque industrial à obsolescência.

As indústrias que mais investem na Automação são aquelas com produtos destinados à exportação. As indústrias metal-mecânicas e as de processos (petroquímica, siderurgia, papel e celulose) têm sido os grandes destaques. A exposição à concorrência internacional conduz estes setores a perseguir os objetivos de eficiência e competitividade requerida pelo mercado externo.

Neste sentido podemos concluir que o elevado patamar de proteção que a indústria brasileira dispõe, funciona como inibidor de um ritmo mais intenso de adoção de técnicas mais modernas de organização e automação da produção industrial.

Este ritmo também é influenciado pela baixa difusão das tecnologia de automação da manufatura e dos recursos de informática. Uma comprovação disto é a insuficiência de oferta de soluções de automação em muitos setores, conforme mencionado no Relatório da Comissão nº 029, de Automação Industrial (SEI). De certa forma, segundo alguns analistas o custo da mão-de-obra também contribui neste sentido.

A organização dos novos métodos de produção e os conceitos do just-in-time são difíceis de ser encontrados integralmente nas nossas indústrias, ou pelo desconhecimento dos empresários ou pela própria impossibilidade na sua implantação. Neste caso, decorre da inexistência de infra-estrutura adequada, principalmente no tocante à relação entre os fornecedores e canais de comercialização com a empresa fabricante do produto final. Entretanto, já foram identificadas no país algumas empresas que vem pioneiramente implantando conceitos do just-in-time e com resultados bastante satisfatórios.

O sucesso na implantação da Automação na nossa indústria tem de necessariamente passar por um planejamento minucioso por parte das empresas, obedecendo a um processo gradual.

Neste contexto, os equipamentos/sistemas a serem introduzidos devem ser modulares e seguir padrões objetivando a compatibilidade, necessária à comunicação entre si. O planejamento deve priorizar a reorganização do processo produtivo na empresa, utilizando metodologias do just-in-time o quanto possível e informatizando seu planejamento e controle da produção com a adoção de programas de software do tipo MRP (Manufacturing Resources Planning). Cabe lembrar que um programa de reaproveitamento da mão-de-obra, poderia minimizar os impactos sociais que decorreriam com a automação. Além disso, o perfil de nossa mão-de-obra se adequaria bem às exigências de multidisciplinariedade dos novos padrões de produção.

O mais importante, entretanto, está na estratégia que deve induzir as empresas à automação, isto é, que seja por uma aproximação maior ao mercado consumidor, a exemplo dos japoneses, e não que seja apenas uma estratégia de redução de custo e substituição de mão-de-obra, como o fizeram os norte-americanos.

Quanto à oferta dos equipamentos de automação, a vigência da reserva de mercado para a indústria nacional criou uma estrutura de oferta e um processo de formação diferente daquele existente nos países desenvolvidos. Em outras palavras, não houve a sinergia das indústrias usuárias, com os fornecedores dos equipamentos para o desenvolvimento de soluções, nem tão pouco ocorreram joint-ventures ou acordos para desenvolvimentos conjuntos.

O resultado é a existência de uma oferta pulverizada, que absorveu tecnologia externa apenas em produtos/sistemas de pequeno porte. A qualidade da assistência técnica é baixa, a confiabilidade nos equipamentos é reduzida e os preços bem elevados, comparados aos similares no mercado internacional. O reconhecimento desta estrutura frágil e a pressão da demanda fizeram com que na área de CAD, sob o consentimento da SEI, as empresas estreitassem sua relação com os parceiros externos, fornecedores de tecnologia, dando talvez um passo para a formação de joint-ventures no futuro. Além disso, as empresas do setor de A.I. não têm se articulado com as de Informática, na escolha por tecnologias mais adequadas ao nosso mercado, e que obedeçam a padrões para que sejam compatíveis na sua utilização conjunta.

A produção de sistemas modulares, em que os produtos obedeçam a uma hierarquia, e tenham compatibilidade com outros sistemas, seguindo padrões do protocolo MAP/TOP da ISO, deve ser uma estratégia básica a ser perseguida pelos fornecedores de equipamentos/sistemas de Automação Industrial.

17 - EMPRESAS E INSTITUIÇÕES VISITADAS(*)

Brasil

IBM
Sisgraph
Ecil P&D
Metal-Leve
Altus
Sistema
Maxitec
Romi
Digicom
Eletrocontroles Villares
WEG Automação
Feira Mecânica 1988

EUA

IBM
MIT - Massachusetts Institute of Technology
SUN Microsystems
Hewlett Packard
CADAM

Japão

Universidade de Tóquio
Toshiba
Nissan
Fujitsu
NEC

Europa

Siemens
Philips
Feira Industrial de Hannover-88
Sede da CEE - programa Esprit
Alcatel

(*) Refere-se àquelas nas quais, buscou-se abordar aspectos da Automação Industrial. Não estão mencionadas, portanto, as demais empresas que fizeram parte das visitas do grupo de estudo sobre o Complexo Eletrônico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 01 - AUTOMAÇÃO industrial. Datanews, Rio de Janeiro, nov. 1986. Nº especial.
- 02 - AUTOMAÇÃO & INDÚSTRIA. Rio de Janeiro, Computerworld do Brasil, nºs de Jan. a Dez/1988 e Jan. a Abr/1989.
- 03 - BAUMGARTNER, P. Computer integrated manufacturing. São Paulo, Almeida & Cipullo, 1986.
- 04 - BEHNE, T. & PAGE, M. Automation changes the factory structure. s.l., s.ed., Aug. 1984. 4 p.
- 05 - BNDES. DEEST. Questões relativas à competitividade da indústria de bens de capital: bens de capital sob encomenda e máquinas-ferramenta. Rio de Janeiro, abr. 1988. 127 p.
- 06 - BOLETIM Sobracon. São Paulo, v. 3, n. 33/34, s.d.
- 07 - BOLETIM Sobracon. São Paulo, v. 3, n. 35/36, s.d.
- 08 - CEE. Software for industrial automation. New York, 1987. 208 p.
- 09 - DEVINE, P.J. et alii. An introduction to industrial economics. 4 ed. London, George Allen & Unwin, 1985. 528 p.
- 10 - DIRECTORY ELECTRICAL AND ELECTRONIC MANUFACTURERS KOREA 87/88. Seoul, Electronic Industries Association of Korea, 1988.
- 11 - ELECTRONICS INDUSTRY OF KOREA, 1987. Seoul, Electronic Industries Association of Korea, 1988.
- 12 - ELECTRONIC INDUSTRY OF KOREA, 87-88. Seoul, Electronic Industries Association of Korea. 1988.
- 13 - ELECTRONICS - Looking for a Soft Landing After Hypergrowth. Jan/89.
- 14 - ELECTRONICS 1988 U.S. Market Report - pushing for continued growth in 1988... but wall street may be signaling a different direction. Electronics, New York, 61(1):63-109, jan. 7, 1988.
- 15 - ELECTRONIC's overseas market report. Electronics, 61(2):59-80, jan. 21, 1988.

- 16 - EMPRESA-PERIÓDICO QUINCENAL de la industria Vasca. Suplemento Especial del nº 102. Espanha/Bilbao. Out/1988.
- 17 - EUROPE puts the screws to japan. Inc. Business Week, New York (3048-378):24-6, May 16, 1988.
- 18 - FACTORY of the future - survey. The Economist, London, 303(7500):3-18, May 30, 1987.
- 19 - GALLAGHER, R.T. Automation projects to spark market. Electronics Week, jan. 1, 1985. p. 82.
- 20 - GENNARI NETTO, O. Automação, robotização, emprego e desemprego. Boletim Informativo SEI, Brasília, 2(7):49-57, abr/jun. 1982.
- 21 - GREGORY, G. Japan's industrial revolution: the next phase. The Futurist, Aug. 1982. p. 30-2.
- 22 - GUIA de automação industrial. São Paulo, 1987.
- 23 - GUIA de automação industrial. São Paulo, 1988.
- 24 - HAMPTON, W.J. GM bets an arm and a leg on a people-free plant. Business Week, New York (3065-395):66-7, Sept. 12, 1988.
- 25 - ----- How IBM PVT Ford into a more meaningful relationship. Business Week, New York (299-320):51, mar. 30, 1987.
- 26 - HOW automation affects the worker and his environment. s.l., s.ed., Aug. 1984. 1 f.
- 27 - INDUSTRY outlook, 1988. Business Week, New York (3030-360):37-51, jan. 11, 1988.
- 28 - KRAAR, L. The new powers of Asia. Fortune, New York, 117(7):40-6, Mar. 28, 1988.
- 29 - LAPLANE, M.F. & FERREIRA, C.K.L.A. indústria de equipamentos de automação industrial com base microeletrônica a nível mundial: situação atual e principais tendências. Campinas, UNICAMP, dez. 1985. 147 p.
- 30 - LUCENA, R. Informação, sine qua non da automação. Dados & Idéias, São Paulo, 13(116):42-8, jan. 1988.
- 31 - MACHINE TOOL INDUSTRY. Japan Machine Tool Builders Association. Japão 1988.
- 32 - MAKINO's "MAX" plant; the latest in unmanned factory R & D. s.l., s.ed., june 1984. 2 f.

- 33 - McCUSKER, T. In Search of CIM. Datamation, New York, 33(1):24-5, Jan. 1, 1987.
- 34 - McLEOD, J. Now, will CAM finally catch on? Electronics, New York, 60(22):65-7, Oct. 29, 1987.
- 35 - McCUSKER, T. Allen-Bradley this to fight competition by tooling up. Datamation, New York, 34(6):33-4, Mar. 15, 1988.
- 36 - MERCADO da automatização industrial: as expectativas do início/86. s.n.t. 5 p.
- 37 - NAEGELE, T. & IVERSEN, W. Staying home: how some U.S. producers fight back. Electronics, New York, 60(13):80-4, June 25, 1987.
- 38 - NASAR, S. America's competitive revival. Fortune, New York, 117(1):36-43, Jan. 4, 1988.
- 39 - ONU.ECE.Recent trends in flexible manufacturing. New York, 1986. 314 p.
- 40 - PANORAMA da indústria nacional, 1984: computadores e periféricos, automação industrial, instrumentação. Boletim Informativo SEI, Brasília, v.6, n. 15, abr. 1986. p. 1-106. nº especial.
- 41 - POE, R. American automobile makers bet on CIM to depend against Japanese inroads. Datamation, New York, 34(5):43-51, Mar. 1, 1988.
- 42 - 1º ESTUDO SETORIAL do Mercado Brasileiro de Automação Industrial. Interbusiness Consultoria Empresarial. Janeiro 1989.
- 43 - RELATÓRIO DA COMISSÃO ESPECIAL Nº 29. Automação Industrial. SEI. Brasília 1988.
- 44 - THE PRODUCTIVITY paradox. Business Week, New York (3051-381):46-56, June 6, 1988.
- 45 - SCHLOCHAUER & ASSOCIADOS CONSULTORIA E REPRESENTAÇÕES LTDA. O mercado brasileiro de controladores de processo industriais (CLPs). São Paulo, Jul. 1987.
- 46 - SCHREFFLER, R. Japan's unmanned factory: the facts behind the mystery. s.l., s.ed., June 1984. 5 f.
- 47 - STATISTICS OF ELECTRONIC & ELECTRICAL INDUSTRIES, 86. Seoul, Electronic Industries Association of Korea, 1987.
- 48 - TAUILE, J. R. Automação e competitividade: uma avaliação das tendências no Brasil. Rio de Janeiro, IEI, 1987. 145 p. (UFRJ.IEI. Texto para discussão, 111).

- 49 - TAUILE, J. R. Automação e competitividade. Tendências no cenário internacional. Rio de Janeiro, UFRJ.IEI, ago. 1986. 161 p. (UFRJ.IEI. Texto para discussão, 100).
- 50 - TAUILE, J.R. & OLIVEIRA, C. E. M. Difusão da automação no Brasil e os efeitos sobre o emprego: uma resenha da literatura nacional. Rio de Janeiro, UFRJ.IEI, jan. 1987. 45 p. (UFRJ.IEI. Texto para discussão, 109).
- 51 - THOR, C. After automation: What now. Computerword Extra. Washington, n. 25-A, June 1988.
- 52 - TORRES FO, Ernani Teixeira. Reestruturação Industrial e Política Industrial no Japão pós-1973. IEI-UFRJ.
- 53 - UNCTAD. The impact of electronics technology on the capital goods and industrial machinery sector: implications for developing countries. Geneva, July 1982. 58 p.
- 54 - UNIDO. Recent developments in the machine tool industry: the prospects for foreign direct investment with particular reference to Asian developing countries. Vienna, 1987. 58 p.
- 55 - U.S. INDUSTRIAL OUTLOOK 1988. Metalworking Equipment.
- 56 - WALLER, L. Betting the company on a high-priced plant. Electronics. New York, 41(9):95, Apr. 28, 1988.