

Rumo à Fábrica Automatizada: Os Sistemas Flexíveis de Fabricação

Marco Antonio Leite Brandão

Grupo Dinâmica de Sistemas
Departamento de Engenharia Mecânica
Escola de Engenharia de São Carlos - USP

resumo

Procura-se neste texto colocar alguns aspectos conceituais básicos da evolução da automação flexível rumo à fábrica automatizada.

O impacto da automação sobre a sociedade, a relação entre Terceiro Mundo e Primeiro Mundo ou Capital e Trabalho, reflexões e perspectivas para o Brasil têm sido o objectivo do estudo que estamos realizando. O texto que apresentamos constitui-se apenas numa sistematização parcial. Faz-se uma apreensão do contexto em que a nova tecnologia de base microeletrônica revoluciona o sistema produtivo fundado na electromecânica e seus reflexos a nível de organização da produção e da repercussão social, política e cultural.

Destacam-se neste texto questões levantadas por Tauile, Salerno, Pedrosa e Rattner.

summary

This work aims to discuss some basic conceptual aspects of the flexible automation and its pathway to automated factory.

The social impact of automation, Third World versus First World or capital versus work, reflections on Brazil's perspectives have been the subject of the study we are carrying on. In this text we discuss the new technology - based on microelectronics - overshadowing the electromechanical based one.

We emphasize the conceptions of Tauile, Salerno, Pedrosa and Rattner.

1 - Introdução

A década de 50 registra o início da eclosão de uma mudança qualitativa e estrutural no processo de produção, gerenciamento, papel do consumidor, etc.. O desenvolvimento com base na tecnologia eletromecânica em muitos processos começa a ser superado e substituído pelo da microeletrônica. Trata-se da chamada Terceira Revolução Industrial (ou Revolução Tectrônica ou ainda Revolução da Informação), cujo impacto a partir da década de 80 já vem acarretando mudanças estruturais no nosso cotidiano. Em todas as esferas das relações humanas: política, cultural, econômica, religiosa, etc., este final de século XX augura profundas transformações.

Holland (Harvey, 1984), numa conferência patrocinada pela CAM-

I, afirma: "numa escala global e por padrão histórico, nós nos encontramos no meio de uma revelação tecnológica do nível da descoberta do fogo, da imprensa escrita e da energia nuclear. Essa revolução é a revolução da informação, baseada na miniaturização eletrônica e na lógica fundamental".

Slutterback (Harvey, 1984) comenta: "A manufatura irá mudar mais nos próximos quinze anos do que nos 75 anos passados. As razões são claras: sobrevivência e tecnologia".

2 - Qualidade de Inspeção a Métodos de Gerenciamento da Produção

McBryde (1986) constata que "nos dias que seguiram a II Guerra Mundial, quando era incomum ver excessos dos produtos de consumo na

América, quantidade era o foco lógico para a gerência, 'mais' era melhor no mercado de vendas e como prioridade no gerenciamento, o custo era facilmente eclipsado. Isso deu sustentação lógica de que 'qualidade' é igual a 'inspeção' (...) no final dos 50, a competição no preço reinava suprema e o objectivo final da corporação não era apenas "mais a menor custo" mas tornou-se "mais ao menor custo" (...) mas qualidade ainda era igual a inspeção. A explosão estava começando a deixar quantidade/custo por volta de 1957, o ano do Sputnik. Seu lançamento colocou a superioridade tecnológica americana em segundo lugar na mente de muitas pessoas (...) mas enquanto a América (...) em direcção à Rússia na corrida espacial, os japoneses

estavam empenhados na solução do seu dilema de produtor a baixo custo estar em baixa reputação no mercado internacional (...). A exploração de mercados em termos de diversidade de produtos, número de consumidores (...) causou mudanças na maneira como os negócios eram conduzidos (...). A delegação da qualidade para um pequeno grupo de especialistas situado em algum canto obscuro da fábrica (...) não servia mais para proteger a companhia dos custos 'escondidos' cada vez mais crescentes (...)"

Esta constatação de McBryde é corroborada e explicitada por Feigenbaum (1957) que no mesmo ano do Sputnik, em entrevista à Revista Factory, explicitava os fundamentos do novo conceito de QUALIDADE DO PROCESSO/CONTROLE TOTAL DE QUALIDADE que "(...) resulta do reconhecimento e aplicação de dois princípios fundamentais (...); o primeiro é que qualidade é, em essência, um método de gerenciamento da organização (...); o segundo: a efetiva competição internacional é uma combinação em sua forma tradicional e altamente visível, mas igualmente poderosa é a competição envolvendo eficácia em qualidade e gerenciamento de produtividade".

Os japoneses adotaram esses princípios em suas organizações que contribuíram decisivamente para o desempenho econômico deste país, tanto que em 1983, David Nitzan levantava novamente a questão do Sputnik ("estamos enfrentando um novo Sputnik: o Sputnik japonês").

Claro que há uma série de fatores a serem julgados, principalmente o contexto geopolítico daquela região do planeta, a estratégia da ocupação americana (SCAP), Mao Tse Tung, etc., cuja discussão foge ao escopo deste texto.

Tudo indica que os japoneses encontraram a alquimia adequada entre

a aplicação de recursos tecnológicos com organizacionais cujos resultados impressionam o Ocidente.

3 - Impacto Social da Automação: Alguns Aspectos

Trata-se de um tema de extrema complexidade.

Leiam-se:

a) Salerno (1988): "É bastante comum a associação de novas tecnologias com novas formas de organização da produção e do trabalho. Paralelamente aos robôs, comandos numéricos, controladores lógicos programáveis, etc., são introduzidos sistemas "Just-in-Time/Kamban", tecnologia de grupo (não confundir com os grupos semi-autônomos suecos), células de fabricação, sistemas flexíveis de fabricação, etc..."

Vários trabalhos já realizados sobre automação e organização do trabalho

A Robótica não é só uma disciplina tecnológica. As suas repercussões sociais são enormes. Daí a perspectiva da sociologia industrial, como se revela neste artigo, enviado do Brasil expressamente para a ELECTRICIDADE.

em indústria de processo discreto (automobilística, auto-peças, máquinas, etc.) apresentam um ponto em comum, ou seja, o aumento da intensidade do trabalho e do ritmo da produção. Tal facto tem sido detectado em vários seminários de discussão da automação com trabalhadores".

b) Tauile: "(...) cabe perguntar quais as consequências que ela (Nota: microeletrônica) trouxe e trará para a dinâmica das economias e, particularmente, que alterações poderá provocar nas leis de movimento do sistema capitalista? Afinal, a validade da famosa tendência à queda da taxa de lucro, na interpretação marxista, está prestes a ser mais uma vez colocada em cheque no concreto real. A aplicação da microeletrônica nos processos industriais tem automatizado, mesmo as formas mais complexas de trabalho da produção manufatureira. A produção e o uso de robôs têm acelerado vertiginosa-

mente sua difusão, substituindo crescentes quantidades de trabalho nos países subdesenvolvidos. A ameaça de desemprego cresce de maneira inevitável nestes países, como decorrência direta das opções tecnológicas que transformam sua economia e sociedade. Os empresários, compelidos que são diante da concorrência, continuam automatizando seus processos de trabalho para diminuir custos unitários, já colocando em operação as primeiras fábricas que funcionam sem trabalhadores, com sistemas flexíveis de manufatura".

Pedrosa (1966): "A ameaça da automação pesa, assim, diretamente sobre a classe dos assalariados, a classe que se chamava em tempos heróicos de classe operária.

A classe operária seria assim ainda capaz de exercer alguma espécie de ação internacional (conjugada a uma ação interna, nacional) suscetível de encaminhar o processo de automação não apenas num sentido tecnologicamente revolucionário, mas afastá-lo da via tenebrosa, atual, quan-

do é conduzido por um miserável empirismo? Este, com efeito, consiste em deixar crescer a ritmos cada vez mais intensos o desemprego estrutural e procurar paliativos compensatórios do maior ecletismo, projectos governamentais assistenciados limitados e isolados, reivindicações sindicais defensivas e, por todos os meios, artificiais ou inaturais, o incremento até à maximização absoluta do trabalho supérfluo, o consumo conspícuo, os serviços parasitas e a criadagem multiplicados, além de espetáculos, divertimentos, esportes, lazeres, disseminação sistemática de puerilidades modernas, utilização das crises, doenças e excitações, tudo em massa e tudo o que o indivíduo, como organismo, pode consumir, reclamado pelo seu funcionamento ou não, desejado conscientemente ou não, ou apenas percebido limi-

narmente, é um mercado novo, já cientificamente estudado e de elasticidade calculada e aberta a novos produtos de "consumismo" de massa.

O homem não será mais o animal racional da teologia, nem o homem simbólico de Cassirer, nem o animal capaz de fabular de Marx, mas o animal que consome. A esperança deles é a transposição à sociedade de monadologia de Leibnitz. Cada indivíduo é uma magnitude divisível indefinidamente, e apto, pois, a consumir ad infinitum

Rattner (1986): "a aplicação de CIM/CAD/CAM e os robôs no processo de produção tende a alterar a divisão internacional do trabalho e as relações de concorrência no mercado mundial. A integração da produção não ocorre, necessariamente, em escala nacional, mas antes internacional, com vantagens enormes para as empresas e conglomerados transnacionais. O Sistema de Fabricação Flexível (SFF) permite realizar economias de escala em dimensões globais, com uma fracção de custos e de volume de produção correntes(...). Os benefícios deste desenvolvimento do sistema produtivo serão provavelmente apropriados, quase exclusivamente, pelos conglomerados transnacionais, os quais realizam uma verdadeira divisão internacional do trabalho, tirando pleno proveito das vantagens comparativas de cada país e região onde tenham instalado suas filiais".

Os textos dos autores que destacamos: Rattner, Tauile, Pedrosa, Salermo, são extremamente convidativos à reflexão, particularmente o cáustico diagnóstico de Pedrosa. De qualquer sorte, gostaria de reiterar ao leitor o convite para lê-los na íntegra.

4 - Qualidade e Automação

Feigenbaum (1957) sintetiza a interação entre qualidade e o processo de automação: "(...) teremos maiores e mais custosas pres-

sões sobre os custos de qualidade de alto nível (...). Em suma, em requerer a criação e uso do mais alto nível de controle de qualidade. De facto, a menos que o controle de qualidade seja mesmo feito, não haverá produção automatizada".

5 - Rumo à Fábrica Automatizada: Os Sistemas Flexíveis de Fabricação

O esquema apresentado na figura 1, criado por Fukushi et al (1985), é bastante interessante e constitui-se numa excelente arquitectura para o desenvolvimento de nosso discurso.

Em estudo anterior (Brandão, 1990), apresentamos alguns fatos conceituais sobre a evolução rumo à fábrica automatizada. Este texto é complementar e abordamos aspectos que por questão de enfoque e/ou espaço não puderam ser desenvolvidos.

Da figura 1 observa-se que os SFF - Sistemas Flexíveis de Fabricação - combinam máquinas de controle numérico, robôs, sistemas automáticos de controle, armazenamento e transporte, etc. Constitui-se no patamar imediatamente anterior ao que se denomina CIM (FIC).

A concepção com auxílio do computador corresponde ao CAD (Computer Aided Design)/PAC (Projecto Assistido por Computador) que automatiza e otimiza as concepções dos projectistas. Feito o projecto, computacionalmente os dados são fornecidos ao CAE (Computer Aided Engineering)/EAC (Enge-

nharia Assistida por Computador) para verificação da exequibilidade técnica e econômica do projecto concebido e simulado.

Os dados são enviados ao CAM (Computer Aided Manufacturing)/FAC (Fabricação Assistida por Computador) que envia os sinais para as máquinas-ferramentas controladas por computador, aos robôs, AGVs, sistema automático de armazenamento, etc, para fabricação do produto.

O processo de consumo de matérias-primas é acompanhado em tempo real por sistemas como, por exemplo, MRP (Manufacturing Resource Planning)/PRF (Planejamento de Recursos de Fabricação).

A atualização da Base de Dados de todo sistema é simultânea, em tempo real integrado aos departamentos de finanças, marketing, compras, etc.

Leia-se o esquema apresentado por Agostinho (1988) na figura 2.

Cada coordenada corresponde à evolução da tecnologia de manufatura e/ou perspectivas: Mecanização do Processo (I), Controle do fluxo de Material (II), Gerenciamento e Controle da Informação (III). Adverte que "a evolução das 3 dimensões evitam o aparecimento de 'ilhas de automação' sem possibilidade de interação futura (...) muitas estruturas tendem a focalizar uma única decisão nas decisões de escolha de tecnologia. Este desequilíbrio tende a dificultar a interação futura dos componen-

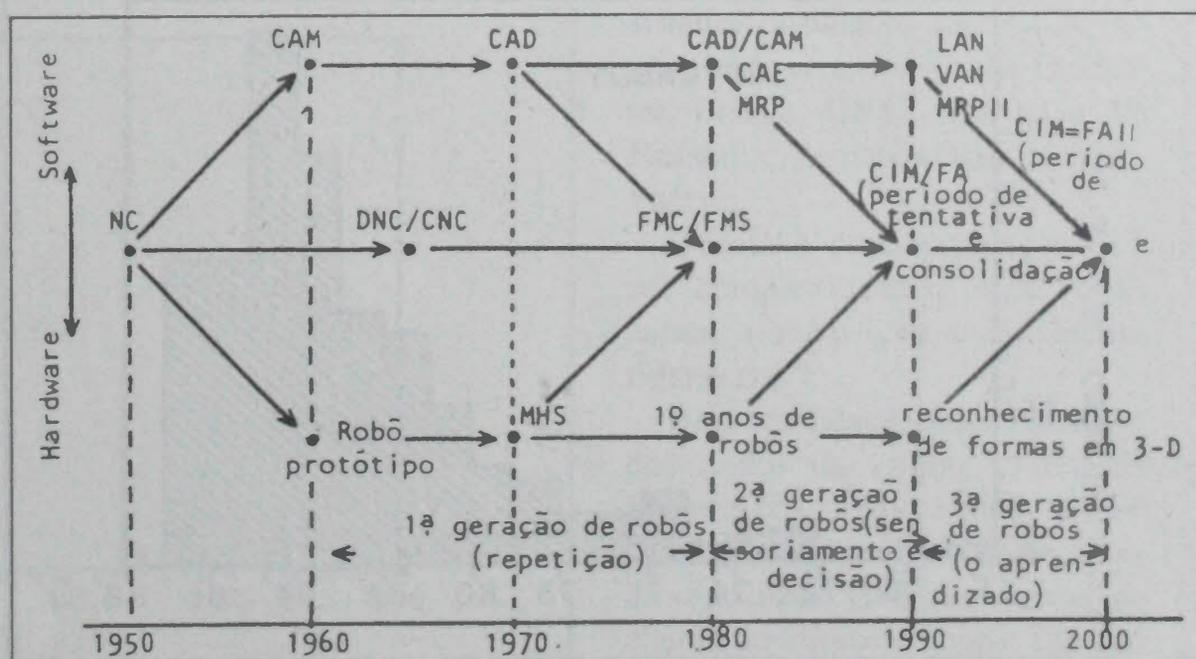


Fig. 1 - Evolução tecnológica (Fulashi et al, 1985).

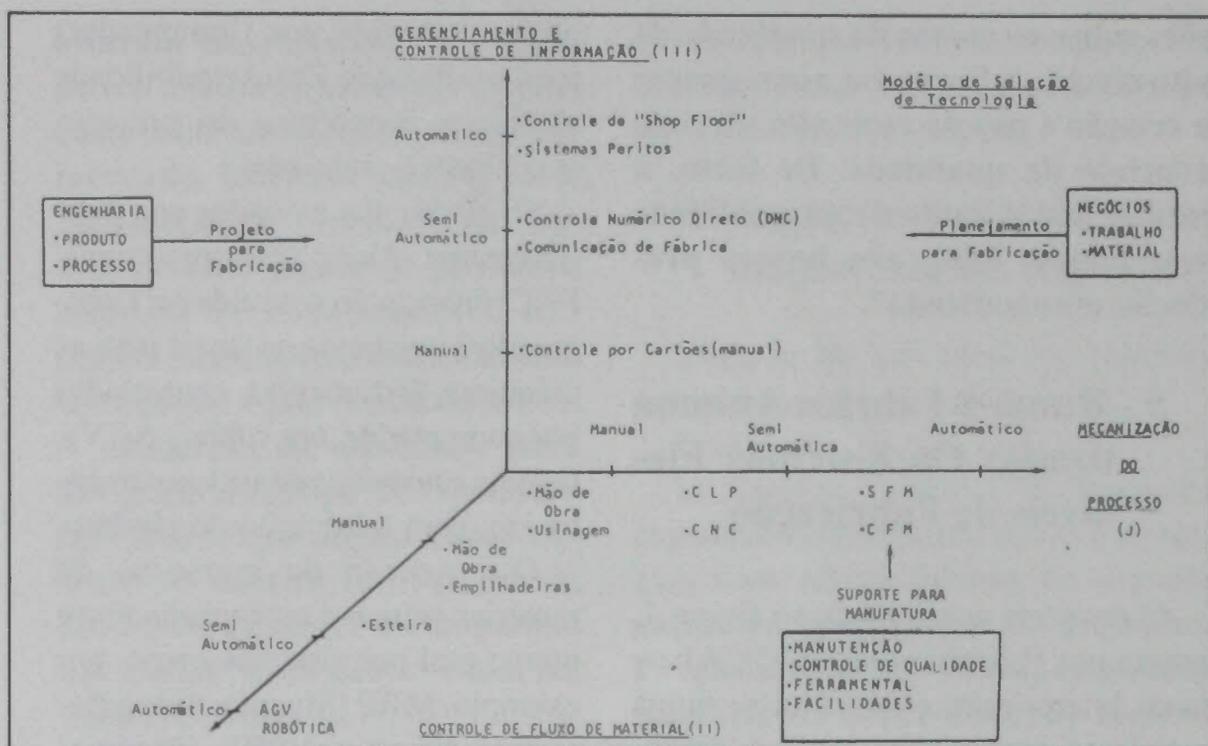


Fig. 2 - Esquema da evolução para a automação (Agostinho, 1989).

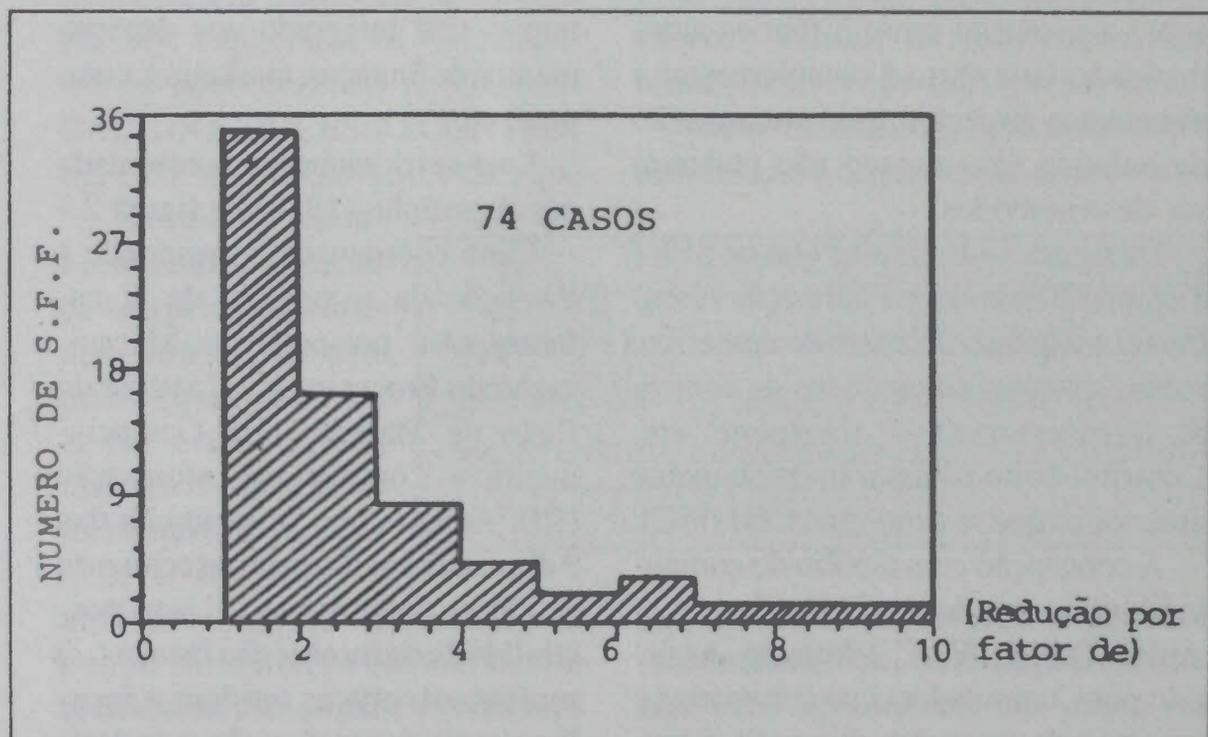


Fig. 3 - Estudo de 74 sistemas flexíveis de fabricação (Sheinin et al, 1989).

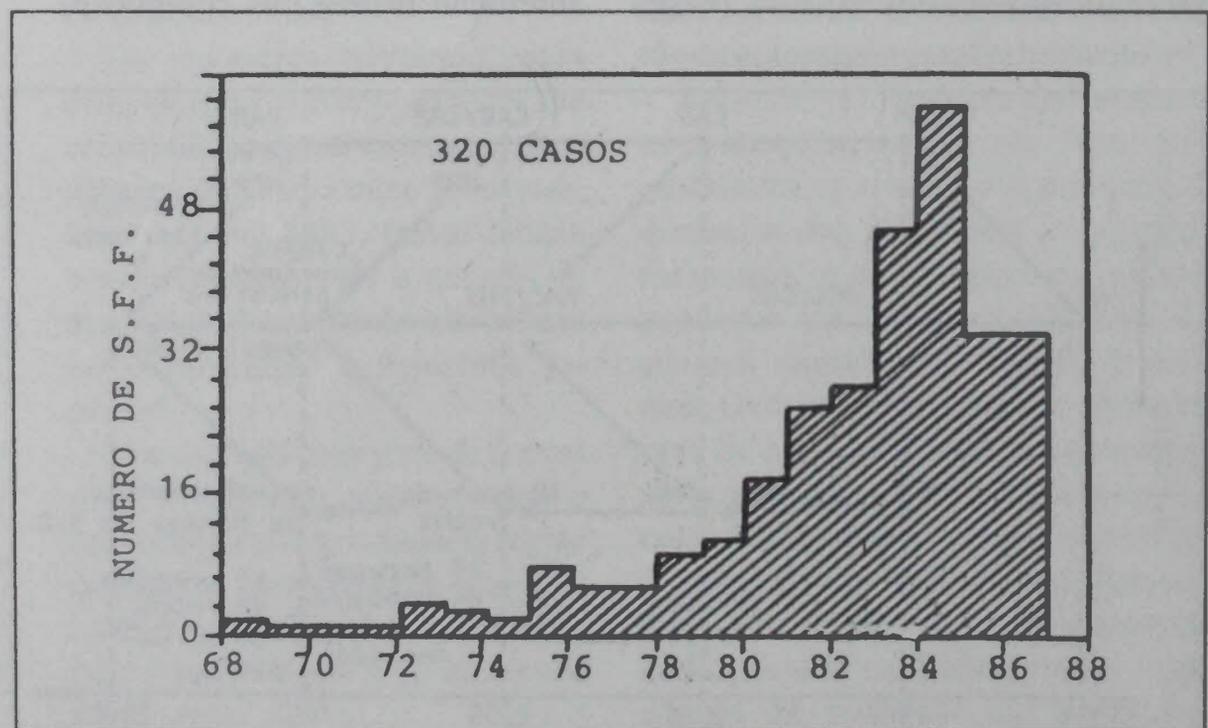


Fig. 4 - Estudo de 320 sistemas flexíveis de fabricação (Sheinin et al, 1989).

tes do sistema de manufatura”.

Os reflexos na cultura organizacional, na gestão do trabalho e controle sobre força de trabalho são estruturais.

Uma apreensão à Chaplin de “Tempos Modernos” é a do cineasta espanhol Buñuel (1982): “(...) as trombetas do apocalipse soam às nossas portas há já alguns anos e nós tapamos os ouvidos. Esse novo apocalipse, como o antigo, ocorre ao galope de quatro cavaleiros: a superprodução (o primeiro de todos, o chefe, o que brande o estandarte negro), a ciência, a tecnologia e a informação. Todos os outros males que nos assolam são apenas consequências. Sem hesitação, coloco a informação na categoria dos cavaleiros funestos. O último roteiro em que trabalhei, mas que nunca poderei realizar, baseava-se numa cumplicidade: ciência, terrorismo, informação. Esta última, quase sempre apresentada como uma conquista, como um benefício, às vezes até como um direito, talvez seja, na realidade, o mais pernicioso de nossos cavaleiros, porque acompanha de perto os três outros e só se alimenta de seus destroços (...)”.

Tchijov (1989) faz observações instigantes: “(...) a história de 20 anos de aplicação de Fabricação Integrada por Computador (FIC) na indústria revela a extrema importância de adaptabilidade social destas novas tecnologias. Algumas vezes resistência social ou inapetência administrativa é muito mais difícil de reparar que os problemas técnicos (...)”.

Traz declarações de um dirigente: “(...) nós éramos muito dependentes do trabalhador especializado (...) Eles tendiam a ser ‘prima-donnas’. ‘Eu não trabalho aos sábados’ e ‘Eu não trabalho à noite’. E este é um dos fatores de motivação no emprego de equipamento de controle numérico. Reduziram nossa dependência do trabalhador especializado”.

Sheinin et al (1989), em estudo sobre 74 SFF, fornecem o espectro da figura 3.

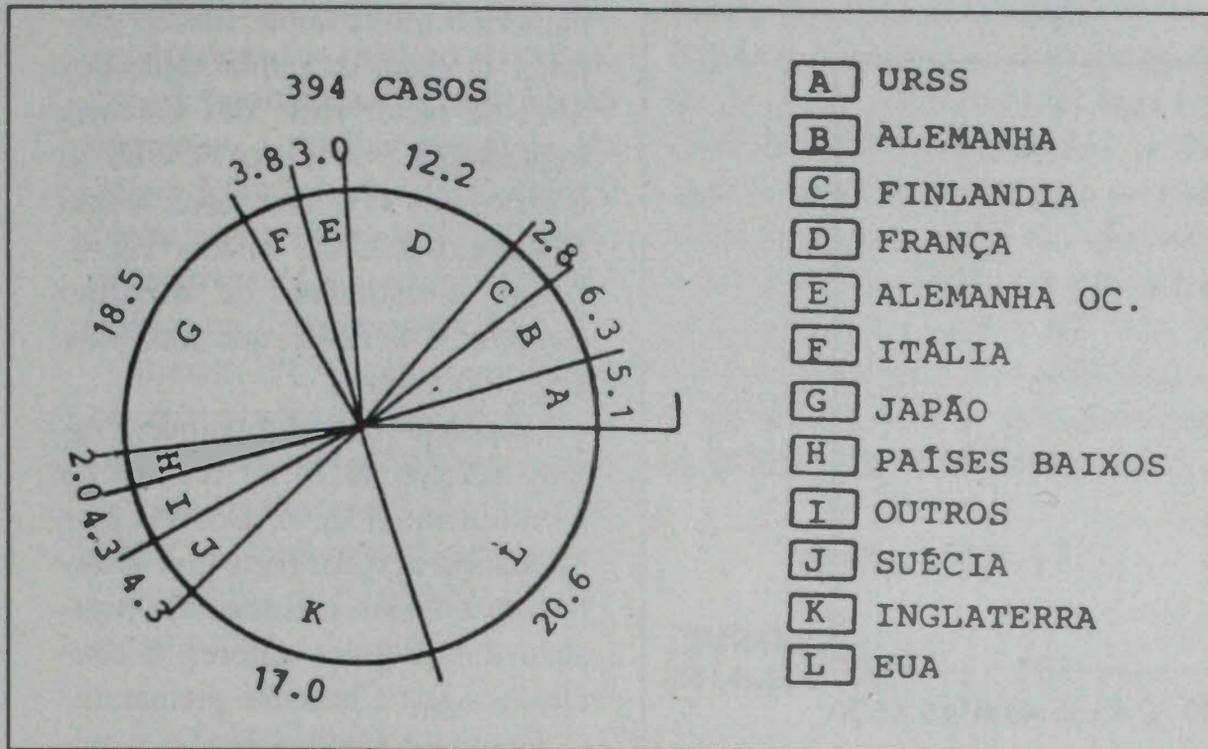


Fig. 5 - Estudo de 394 sistemas flexíveis de fabricação (Sheinin et al, 1989),

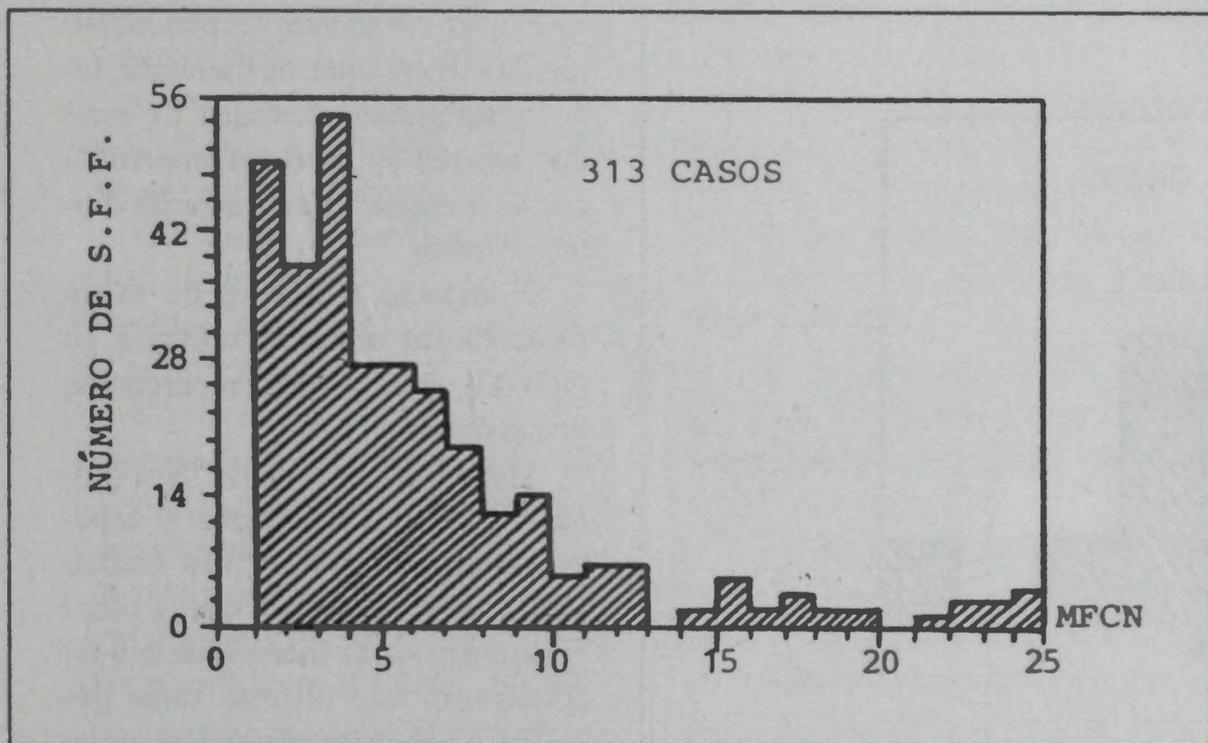


Fig. 6 - Estudo de 313 sistemas, flexíveis de fabricação (Sheinin et al, 1989).

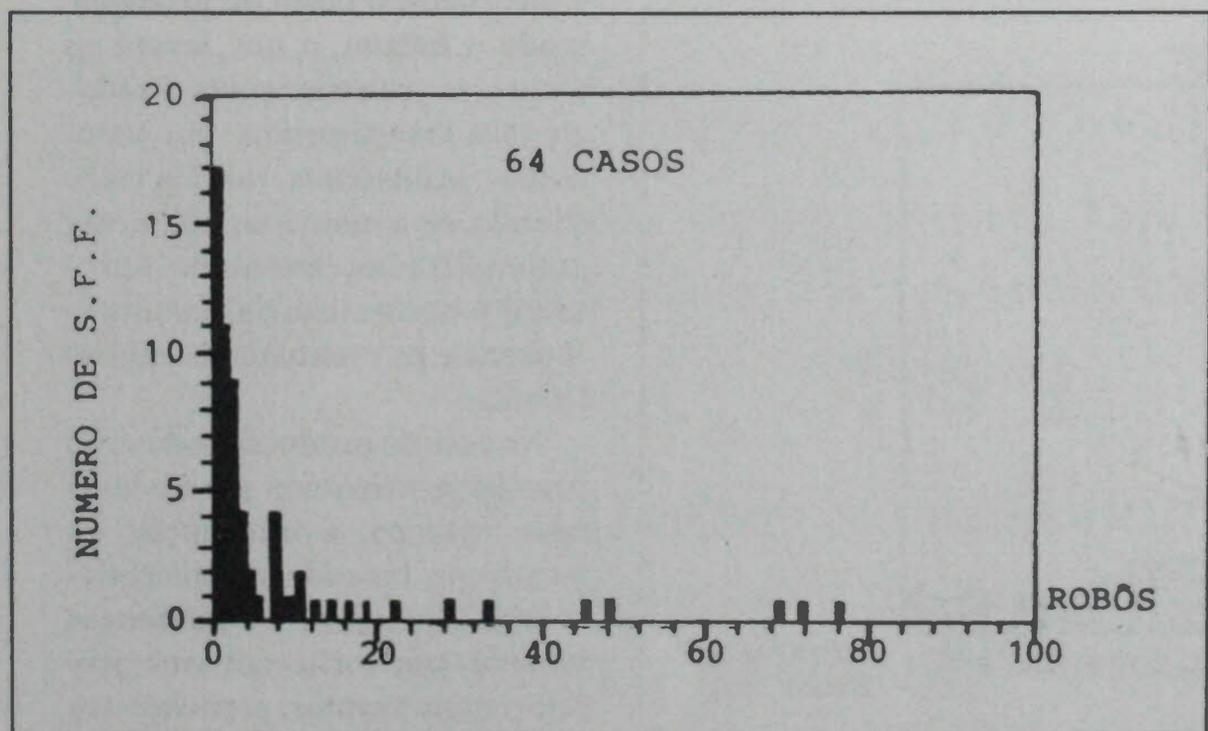


Fig. 7 - Estudo de 64 sistemas flexíveis de fabricação (Sheinin et al, 1989).

6 - Alguns Dados Sobre os SFF Implantados

Ranta (1989) verifica que havia de 500 a 600 sistemas implantados, com um crescimento anual de 40%, o que implica um número estimado de 1800 a 2000 no final do século.

Tchijov (1989) estimava que em 1986, o número de SFF implantados excedia 300. Nos EUA, mais de 60. No Japão, mais de 100.

Sheinin et al (1989) fizeram um amplo levantamento, sistematizando como mostra a figura 4.

Estes dados conflitam bastante com os de Brandt (1986) que em artigo na Business Week informa: "(...) são cerca de 30 a 35 sistemas nos EUA, diz Kearney Trucker Corp. com cerca de 30 no Japão e o mesmo número na Europa. Mas o Departamento de Comércio dos EUA pinta um quadro de (...) 47 SFF na América comparado com 50 no Japão e 84 na Europa".

Os primeiros SFF foram instalados em meados dos anos 60. A Sundstrand Aviation (EUA) instala em 1965. No Japão, em 1972: Hitachi Seiki, Fuji Xerox, Toyoda; em 1974: Yamatake Honeywell, Fanuc; em 1975: Kawasaki Industry.

Na Alemanha, em 1972/73 tem-se o início da difusão dos SFF.

Sheinin et al (1989) elaboraram o quadro da figura 5, com dados referentes a 1987.

Segundo os autores, os principais países, com cerca de 50 a 100 sistemas instalados são: EUA, Japão, Inglaterra, Alemanha Ocidental, França, URSS. De 10 a 20: Finlândia, Alemanha Oriental, Itália, Suécia.

Quanto à distribuição dos SFF por complexidade técnica verificaram a repartição indicada nas figuras 6 e 7.

Uma constatação que se extrapola dos dados do amplo estudo de Sheinin et al (1989) é que cada SFF instalado constitui-se numa espécie de organismo vivo que, apesar de alguns princípios comuns, são ímpares. Um SFF com 70 robôs ou 20 máquinas-ferramentas de controle

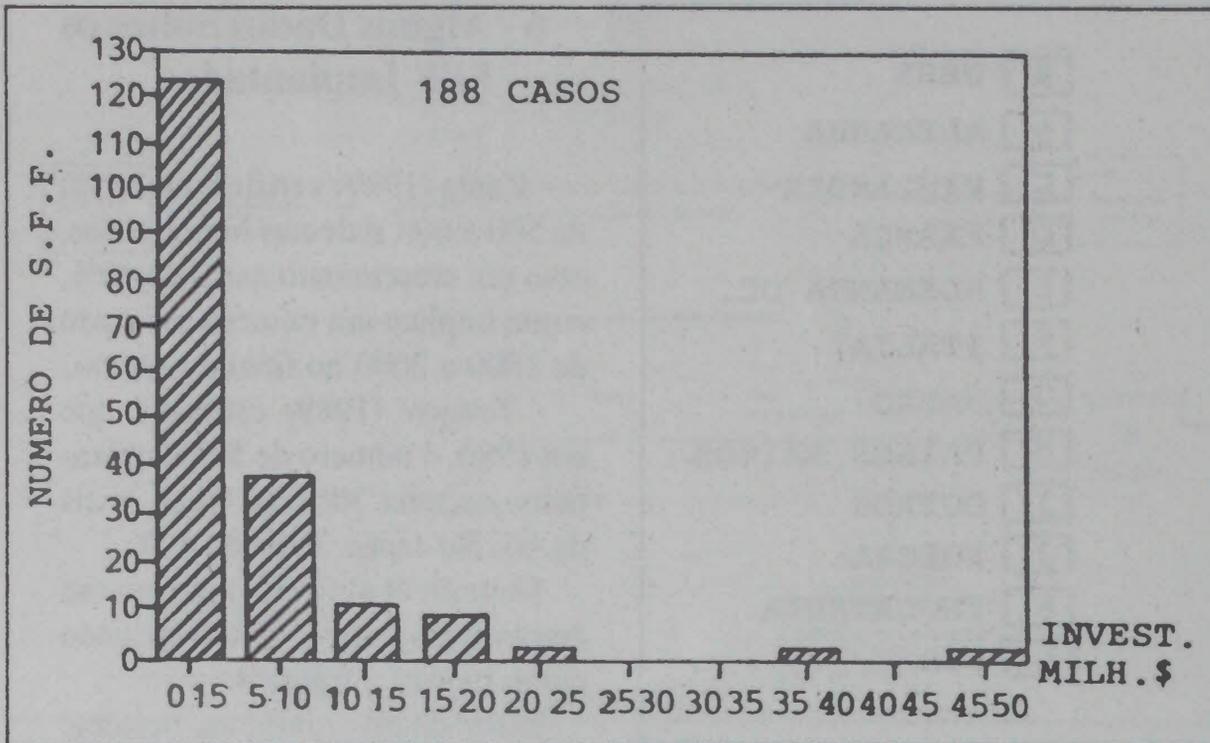


Fig. 8 - Estudo de 188 sistemas flexíveis de fabricação (Sheinin et al, 1989),

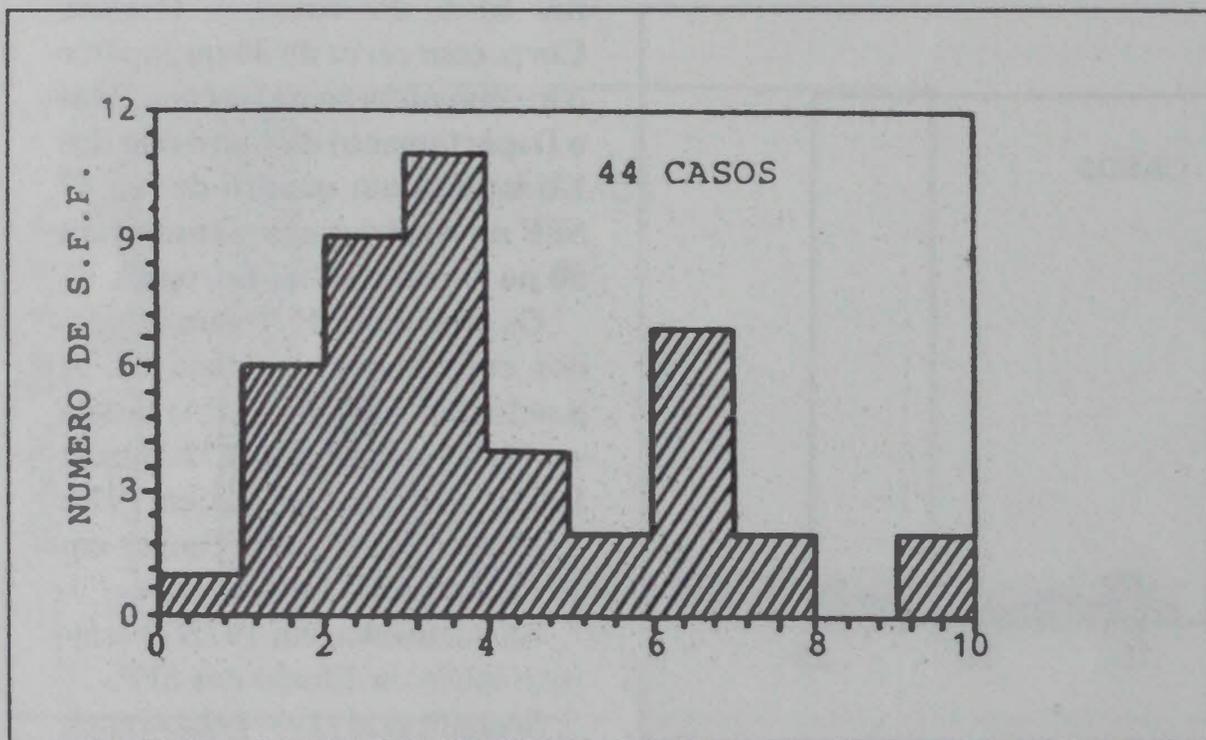


Fig. 9 - Estudo de 44 sistemas, flexíveis de fabricação (Sheinin et al, 1989).

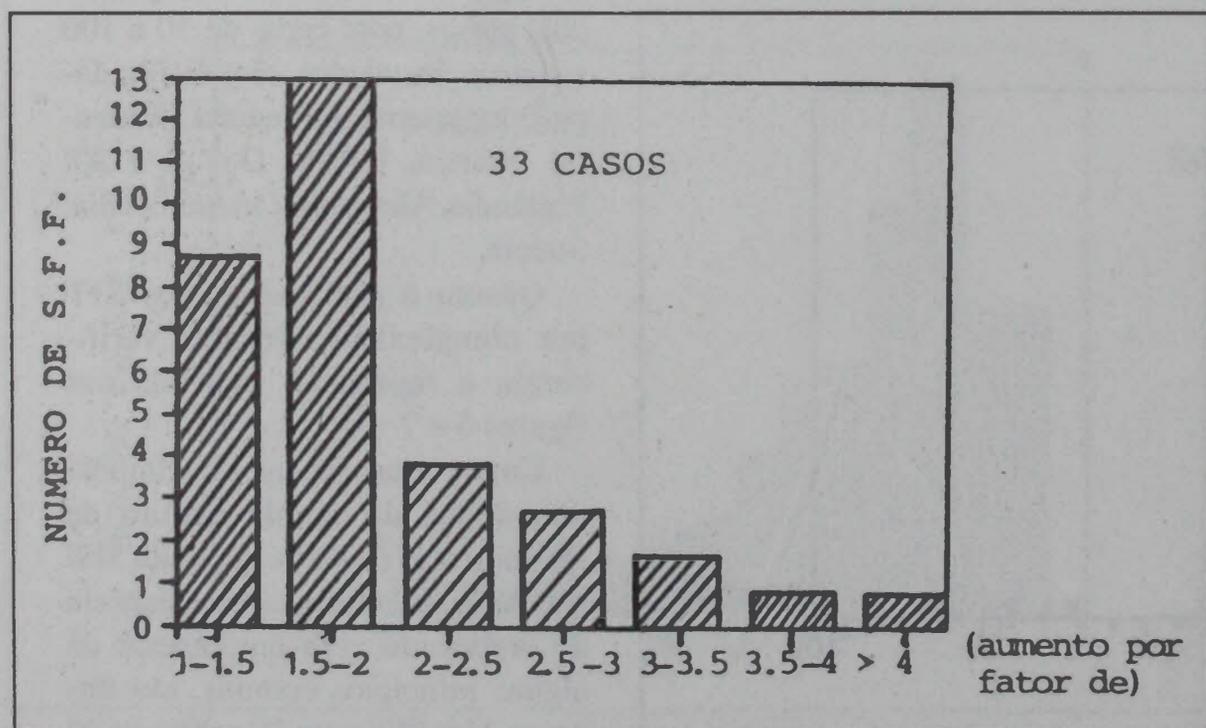


Fig. 10 - Estudo de 33 sistemas flexíveis de fabricação (Sheinin et al, 1989).

numérico traz complexidades próprias. O custo da implantação dos SFF, na maior parte dos sistemas implantados é de menos de US\$ 20 milhões em 97% dos casos, sendo 50% menos de US\$ 3 milhões (Fig. 8).

Um investimento de altíssimo custo foi o da FIAT, que consumiu US\$ 300 milhões.

Um dado fundamental que o estudo revelou foi o de retorno do investimento (Fig. 9). Dos 44 casos estudados, a maior parte teve retornos em 2-4 anos, mas segundo avaliação dos próprios autores, a conclusão ainda é bastante prematura.

Resultado interessante foi a aferição do aumento da produtividade (Fig. 10).

A experiência de implantação de SFF está crescendo exponencialmente e é certo que, na literatura, logo terão grande destaque os estudos através de modelos matemáticos de aferição da implantação destes sistemas.

O impacto e reflexo da maturação destas novas tecnologias no NORTE, claro, terão repercussão gravíssima no SUL.

Ainda Rattner (1988): "Nos países em desenvolvimento, e especialmente nos NICs (New Industrialized Countries), que conheceram um surto intenso de industrialização nas últimas duas décadas, a situação afigura-se como muito mais grave. Com a introdução progressiva da automação e dos robôs, o custo de produção tende a baixar, o que levará as empresas transnacionais a reduzir seus investimentos em instalações industriais no Terceiro Mundo, ou a mantê-las altamente automatizadas, buscando aproveitar o baixo custo das matérias-primas e os eventuais incentivos fiscais.

No caso da produção industrial brasileira, orientada para o mercado externo, a introdução da tecnologia baseada na microeletrônica dominará as diferenças salariais que tornavam seus produtos mais baratos, perdendo em consequência sua competitividade nos mercados internacionais (...).

A redução paulatina do custo dos equipamentos automatizados, levará também a sua adoção em pequenas e médias empresas de países desenvolvidos, constituindo assim outra ameaça às unidades produtivas de pequena escala nos países em desenvolvimento”.

Brandt (1986) comenta: “a fábrica computadorizada poderia produzir coisas em Indiana por menos do que custam para importar da Índia”. O fator mão-de-obra barata e abundante do SUL deixa de ser significativo.

7 - Conclusão

Procura-se neste texto sistematizar e divulgar alguns dados disponíveis na literatura internacional sobre os SFF. A perspectiva é a de contribuir para a formação de subsídios para o necessário e urgente debate neste campo em nosso país.

O impacto da automação industrial, neste final de século, rumo à fábrica automatizada é gravíssimo e estrutural.

Concluimos com Rattner: “(...) mesmo que essas inovações resultem em uma melhoria da situação econômica, milhões de trabalhadores continuarão perdendo seus empregos que serão deslocados para milhares de km, ou desaparecerão, situação agravada por uma classe de marginalizados que nunca teve emprego (...) o trabalho tem significado para exis-

tência humana na medida em que é ligado à criação e ao fortalecimento de laços de solidariedade, numa sociedade justa e equilibrada (...). Subjacente em sua essência está o problema do poder, ou seja, então os empresários e os executivos utilizarão a tecnologia para controlar operários (...). Em outras palavras, a desapropriação do saber profissional e sua concentração na cabeça dos tecnoburocratas (...)”.

BIBLIOGRAFIA

O. L. Agostinho (1989), *Curso Pós-Graduação / Manufatura Integrada por Computador*, Notas de Aula, Depto. de Engenharia mecânica, EESC-USP.

M. A. L. Brandão (1990), *Integração, Flexibilidade, Produtividade*, Grupo Dinâmico de Sistemas, Depto. de Engenharia Mecânica, EESC-USP.

R. Brandt (1986), *How Automation Could Save the Day*, Business Week International, March 3: 144-146.

L. Buñuel (1982), *Meu Último Suspiro*, Editora Nova Fronteira. 2ª edição, 366p: 355-356.

A. V. Feigenbaum (1957), *The New Approach to Quality Control*, Factory Management and Maintenance, March, v. 115, n.3: 116-123.

F. Fukushi, H. Awane (1989), *Recent Trends and the Future of Hitachi Robots*, Hitachi Review, v. 34, n.1:1-6.

O. Gennari Neto (1982), *Impacto Social de Novas Tecnologias*, Boletim Informativo SEI (jan/fev/mar), n.6:29-38.

O. Gennari Neto (1981), *A Sociedade*

Pós-Industrial, Boletim Informativo SEI (mar/abr), n. 4: 37-52.

R. E. Harvey (1984), *Factory 2000*, Iron Age (jun/4): 27-58.

V. E. McBryde (1986), *In Today's Market, Quality Is Best Focal Point for Upper Management*, Industrial Engineering, July: 51-55.

M. Pedrosa (1966), *A Opção Imperialista*, Civilização Brasileira, 1ª Edição.

J. Ranta (1982), *The Impact of Electronics and Information Technological on the Future Trends and Application of CIM Technologic*, Technological Forecasting and Social Change, n. 35: 231-260.

H. Rattner (1982), *A Máquina Desemprega o Homem*, Revista Brasileira de Tecnologia, v. 13(2), abr-mai: 51-59.

H. Rattner (1989), *A Escalada dos Sistemas de Fabricação Flexíveis*. Revista Brasileira de Tecnologia, v. 14(2), mar-abr: 33-40

M. S. Salerno (1988), *Automação e Lutas dos Trabalhadores*, Revista São Paulo em Perspectiva, jul-set, 2(3): 62-67.

R. Sheinim, I. Tchijov (1989), *Flexible Forecasting and Social Change*, Technological Forecasting and Social Change, n. 35: 277-293.

J. R. Tauile (1984), *Microeletrônica e Movimento Capitalista*, Ensaios FEE, 5(1): 113-120.

I. Tchijov (1989), *CIM Introductioal: Some Socioeconomical Aspects*, Technological Forecasting and Social Change, n. 35: 261-275. ■

Assine Leia e Divulgue

Revista de Engenharia Electrotécnica
e Electrónica, de Computadores e Gestão

4 = 1

Quatro revistas numa só

Para informação integral dos profissionais
de Engenharia com actividade nas Empresas

UM NOVO ESTILO EM EVOLUÇÃO